

“十二五”期间军队“2110 工程”建设经费资助项目
国防电子信息技术丛书

军事信息系统分析与设计

金丽亚 王维锋 杨朝红 主编

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以中国特色军事变革和军队信息化建设为背景,结合军队院校教学改革的实际,在内容体系上以信息化作战需求为牵引,在吸纳、综合大量国内外相关研究成果和资料的基础上,比较全面、系统地论述了军事信息系统的发展历程和相关概念、开发方法、需求工程、体系结构、综合集成等内容。本书共6章,主要包括军事信息系统概述、军事信息系统需求工程、军事信息系统体系结构技术、军事信息系统的开发方法、军事信息系统综合集成技术、军事信息系统开发标准。这些内容反映了当前军事信息系统分析与设计领域的最新研究成果。

本书的读者对象主要为从事军事信息系统分析、设计、建设及关键技术研究的科技工作者、研究生等,本书也可作为部队信息化建设相关人员的培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

军事信息系统分析与设计/金丽亚,王维锋,杨朝红主编. —北京:电子工业出版社,2019.9
(国防电子信息技术丛书)

ISBN 978-7-121-33409-2

I. ①军… II. ①金… ②王… ③杨… III. ①军事—信息系统—系统分析 ②军事—信息系统—系统设计 IV.①E919

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第328857号

责任编辑:窦 昊

印 刷:

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:10.5 字数:268.8千字

版 次:2019年9月第1版

印 次:2019年9月第1次印刷

定 价:69.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254466, douhao@phei.com.cn

前 言

随着信息技术的快速发展及广泛应用，世界新军事革命正在深度和广度上推进，信息优势成为军事斗争的核心优势，提高基于信息系统的体系作战能力成为我国军队信息化建设的目标指向。军事信息系统作为支撑信息化作战不可或缺的重要物质基础和核心指挥手段，是现代战场维系军队体系作战能力的纽带和“力量倍增器”，是诸军兵种联合作战和众多武器装备的神经中枢，是武器装备建设的重要内容。

军事信息系统是一个极其复杂和庞大的人机系统，其研制、开发、建设是一个复杂的系统工程，需要花费大量的人力、物力、财力，甚至需要多年的艰苦努力。在军事信息系统投入使用之前，还必须进行集成联试、综合测试、模拟演示，甚至用实兵演习来检验作战效能。军事信息系统作为谋求信息优势和夺取战场制信息权的基石，其建设、使用与管理受到了各国军方的高度重视。

《军事信息系统分析与设计》的编写以中国特色军事变革和军队信息化建设为背景，结合军队院校教学改革的实际，在内容体系上以信息化作战需求为牵引，在吸纳、综合大量国内外研究成果和资料的基础上，比较全面、系统地论述了军事信息系统的发展历程和相关概念、需求工程技术、体系结构技术、开发方法、综合集成技术等内容。

本书共分为 6 章，主要内容包括军事信息系统概述、军事信息系统需求工程、军事信息系统体系结构技术、军事信息系统的开发方法、军事信息系统综合集成技术、军事信息系统开发标准。这些内容反映了当前军事信息系统分析与设计领域的最新研究成果。

本书的读者对象主要为从事军事信息系统分析、设计、建设以及关键技术研究的科技工作者、研究生等，也可作为部队信息化建设相关人员的培训教材。

本书以金丽亚、王维锋、杨朝红为主撰写，参与撰写工作的还有石志强、赵萌、张威、王璇、宋征等同志，全书由金丽亚统稿。在本书的出版过程中，得到了上级领导、机关和专家学者的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢！

由于时间仓促，加之作者知识水平和经验有限，教材中存在错误和疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 军事信息系统概述	1
1.1 信息和信息系统	1
1.1.1 信息的概念和特性	1
1.1.2 系统的概念和特性	3
1.1.3 信息系统的概念和特性	4
1.1.4 信息系统的基本功能	5
1.2 军事信息系统的相关概念	6
1.2.1 信息化的概念	6
1.2.2 军队信息化与军队信息化建设	6
1.2.3 军队指挥自动化与军队指挥自动化系统	8
1.2.4 综合电子信息系统与综合（战场）信息系统	9
1.2.5 军事信息系统与指挥信息系统	9
1.2.6 军事信息系统及与相关概念的关系	11
1.3 军事信息系统的发展阶段	11
1.3.1 单系统分散建设阶段	11
1.3.2 业务系统综合发展阶段	12
1.3.3 一体化建设阶段	12
1.4 军事信息系统带来的影响及地位和作用	13
1.4.1 军事信息系统对作战领域其他要素的影响	13
1.4.2 军事信息系统的地位和作用	17
1.5 军事信息系统的分类	17
1.6 军事信息系统分析与设计的主要内容	20
1.6.1 军事信息系统分析	21
1.6.2 军事信息系统设计	22
第 2 章 军事信息系统需求工程	23
2.1 军事信息系统需求工程概述	23

2.1.1	军事信息系统需求的概念和特点	23
2.1.2	军事信息系统需求工程的概念和特点	25
2.1.3	军事信息系统需求工程的目标和过程	26
2.2	军事信息系统需求获取	28
2.2.1	需求获取的基本方法	28
2.2.2	用户主导的军事信息系统需求获取方法	31
2.2.3	场景驱动的军事信息系统需求获取方法	33
2.3	军事信息系统需求描述与建模	36
2.3.1	军事信息系统需求描述体系框架	37
2.3.2	军事信息系统需求建模方法	39
2.4	军事信息系统需求验证	61
2.4.1	军事信息系统需求验证的概念	61
2.4.2	军事信息系统需求验证的过程模型	62
2.4.3	军事信息系统需求验证方法	63
2.5	军事信息系统需求管理	66
2.5.1	军事信息系统需求管理的概念	66
2.5.2	军事信息系统需求管理的主要内容	67
2.6	军事信息系统需求工程工具	74
2.6.1	军事需求分析和设计工具	74
2.6.2	配置管理和需求变更管理工具	76
2.6.3	军事需求管理工具	78
第 3 章	军事信息系统体系结构技术	80
3.1	军事信息系统体系结构概述	80
3.1.1	军事信息系统体系结构的概念	80
3.1.2	军事信息系统体系结构的特点	82
3.1.3	军事信息系统体系结构工程	83
3.2	军事信息系统体系结构框架	85
3.2.1	体系结构框架相关概念	85
3.2.2	Zachman 体系结构框架	86
3.2.3	美国 DoD 体系结构框架	87
3.3	军事信息系统体系结构设计方法及工具	93
3.3.1	军事信息系统体系结构设计流程	93
3.3.2	基于结构化分析的体系结构设计方法	94

3.3.3	面向对象的体系结构设计方法	99
3.3.4	军事信息系统体系结构辅助设计工具	103
3.4	军事信息系统体系结构验证评估	108
3.4.1	体系结构验证评估框架	108
3.4.2	体系结构验证评估指标体系	110
3.4.3	体系结构验证评估方法	111
第 4 章	军事信息系统的开发方法	114
4.1	结构化开发方法	114
4.1.1	结构化开发方法的基本思想	114
4.1.2	结构化开发方法的优缺点	115
4.2	原型法	116
4.2.1	原型法概述	116
4.2.2	原型法的开发过程	116
4.2.3	原型法的优缺点	117
4.3	面向对象方法	118
4.3.1	面向对象方法概述	118
4.3.2	面向对象的系统开发过程	119
4.3.3	面向对象开发方法的特点	120
4.4	计算机辅助软件工程	120
4.4.1	计算机辅助软件工程的基本思想	121
4.4.2	计算机辅助软件工程的应用步骤	121
4.4.3	计算机辅助软件工程的特点	122
4.5	各种开发方法的比较	122
第 5 章	军事信息系统综合集成技术	124
5.1	军事信息系统综合集成概述	124
5.1.1	军事信息系统综合集成的概念	124
5.1.2	军事信息系统综合集成的目标	125
5.1.3	军事信息系统综合集成的内容	126
5.1.4	常用的系统集成技术	127
5.2	军事信息系统综合集成工程	128
5.2.1	军事信息系统综合集成规划设计	128
5.2.2	军事信息系统综合集成过程	129

5.2.3	军事信息系统综合集成的试制与联试	130
5.2.4	军事信息系统综合集成方法	135
5.3	军事信息系统综合集成效能评价	136
5.3.1	军事信息系统评价要素和原则	136
5.3.2	军事信息系统评价步骤	137
5.3.3	军事信息系统效能评估指标体系与内容	138
5.3.4	军事信息系统集成效能评估方法	141
5.4	军事信息系统综合集成项目管理	147
5.4.1	综合集成项目管理概述	147
5.4.2	综合集成项目管理过程	148
5.4.3	综合集成项目管理组织机构	148
第 6 章	军事信息系统开发标准	150
6.1	软件工程标准化	150
6.1.1	标准和标准化的概念	150
6.1.2	软件工程标准化的概念	151
6.1.3	软件工程标准分类	152
6.1.4	软件工程标准化的作用	153
6.2	军用软件工程标准化发展概况	153
6.3	军用软件工程标准化的实施	156
参考文献		158

军事信息系统概述

军事信息系统的概念是军事领域信息系统的泛称，是通过获取战争中的信息，并对信息进行处理、分发和使用，满足军事作战需求，形成信息优势的系统。自海湾战争以来，以“信息化”为核心的新军事变革浪潮席卷全球，夺取信息优势成为各国军队竞相追求的目标。运用信息技术，融合多种信息资源，按照“能打仗、打胜仗”的要求，建设满足信息化作战需要的军事信息系统，已成为军队信息化建设的当务之急。可以说，军事信息系统水平的高低，已经成为衡量一个国家军事实力和军队整体作战能力的重要标志。

为深刻认识军事信息系统在战争中的作用，本章在分析信息、系统以及信息系统基本概念和特性的基础上，介绍军事信息系统的相关概念和发展历程，并着重分析军事信息系统在战争中的地位和作用，最后对军事信息系统进行分类。

1.1 信息和信息系统

随着现代信息技术的快速发展，对信息的处理和利用已深入人类生产和生活的各个方面。人们对信息的处理和利用离不开信息系统，在很多场合都会与信息系统打交道，但深刻理解信息系统的本质还要从基本概念开始。

1.1.1 信息的概念和特性

1. 信息的概念

信息无处不在，无时不有，无人不用。今天，它已成为使用频率最高的词汇之一。人们对信息的研究和利用越广泛深入，对信息的认识和理解也就越多样化。不同的学科，从不同角度对信息这个概念有不同的解释。

目前，信息（information）没有明确而权威的定义。信息论的奠基人、美国数学家香农（Claude Elwood Shannon）对“信息”的定义为：“信息是人们对事物了解的不确定性的减少或消除。”香农实际上是从信息量的角度来描述信息的概念的。他认为信息是以帮助人消除对事物了解程度的不确定性为存在基础的，消除的不确定性越多，信息量越大。如果不能增加

对事物的了解，也就无所谓信息。意大利学者朗格提出，“信息就是事物间的差异”。阿希贝提出，信息存在与否取决于消息本身有没有变异度，信息就是被传递消息中的变异度。国际标准化组织（ISO）则对信息有一个简洁的定义，认为信息是“对人有用、能够影响人们行为的数据”。也有人认为：“信息是经过加工后的数据，对接收者有用，对决策或行为有现实或潜在的价值。”

一般认为信息是关于客观事实的可通信的知识。这个定义可以从以下三个方面来理解：第一，信息反映的是客观世界各种事物的特征；第二，信息是可以通信的，信息通信是客观事物联系的基本方式之一；第三，信息与人类认知能力相结合，可以形成知识。

信息不同于数据，数据是记录客观事物的可以鉴别的符号，这些符号不仅指数字，而且包括文字、图形、声音等。数据本身没有意义，具有客观性。数据要进行处理和解释后才有意义，才成为信息。可以说，信息是经过加工对客观世界产生影响的数据。

数据与信息的关系也可视为原料和成品的关系，数据是信息加工的原材料，信息是数据加工的结果。例如，“MIS”本身只是数据，没有任何意思，只有经过解释后才被翻译为“管理信息系统”的信息。

作为事物自我表征性的信息，是一种非物质的存在形式。信息就是信息，不是物质也不是能量。信息虽然是非物质性的存在，但它须臾不能离开物质而单独存在，必须借助于一定的物质形式，即由一定的物质来承载，信息才能显示自身的存在、运动变化和发挥影响。信息的本质是物质的属性和特征，是事物运行状态与规律的特征。

2. 信息的特性

信息从不同角度理解，有不同的含义，但信息的特征是具有共性的。信息有如下特征。

（1）存储性

信息必须借助文字、图像、声波、电波、光波等物质形式存在或表现。用来存储信息的物质称为信息载体，信息不能离开载体而独立存在。文字、电波和磁盘都是信息载体，人的大脑是最复杂的信息载体。

（2）传输性

信息的传输性也称传递性或传播性，其含义是信息源可以通过载体把信息传递给接收者。信息的传递需要时间，所以接收者获取的信息总是滞后于信息源。信息传输的载体和传输手段决定了信息传输的速度与效率。信息的传输手段与信息载体的性质和采用的传输技术有关。现代信息传输技术可以在数秒内把一份信息传遍全世界。

（3）共享性

信息不仅可以传输，而且可以共享。信息可以由一个信息源到达多个信息的接收者，被多个接收者所共享，并且可以因交流而使内容倍增。共享是信息的独特性。一个物体只能被一个享用者所占有，但信息可以被多个接收者所享用，这对信息不会有丝毫影响。信息的共享性使信息通过多种渠道和传输手段加以扩展，获得广泛利用。现代通信和计算机技术最大限度地实现了信息的共享。

（4）可加工性

加工是指对信息的整理、变换、压缩、分解、综合、排序等处理。对信息的加工反映了人们因对信息的内容、形式和时效性等方面的需要而对信息的处理。人们总是通过一定的手段，把信息加工处理成更符合人们需要的形式。

信息的加工手段决定着人们对信息再利用的水平。信息的加工手段由一个阶段信息技术的总体水平决定。在古代,信息技术水平很低,再用信息十分有限。现代信息技术把信息加工能力提高到空前的水平,信息成为十分丰富的社会资源,并成为现代社会的特征和标志。

(5) 信息资源的不竭性

从整体上说,信息资源不会枯竭。人类生存的一切领域,随时都在产生信息。物质世界是有限的,对物质世界的认识也是无限的,因此信息资源也是无限的。从另一个角度来看,人类的创造力是无限的,因此,描述和反映人类所创造出的事物的信息也是无限的。

(6) 时效性

时效性是指信息的作用和价值与信息产生、传输和提供的时间有关。信息的利用肯定滞后于信息的产生,但必须有一定的时限,超过了这个限度,信息就会失去或削弱被利用的价值。信息只有及时传递和有效利用,才能实现其价值。信息价值的时效周期,一般分为四个阶段,即升值期、峰值期、减值期和负值期,不同的周期呈现不同的价值,这也是信息的时效性。

1.1.2 系统的概念和特性

1. 系统的概念

系统的概念是信息系统的基础概念之一,也是认识军事信息系统的前提。苗东升在《系统科学大学讲稿》中提出,两个以上事物或对象相互关联而形成的统一体,称为系统。一般认为,系统是由相互联系、相互影响的若干部分结合为具有特定目标、特定功能,并处于一定环境之中的有机整体。系统的目标是系统的目的和趋态。系统的功能是系统应该具有的能力和效用,系统功能由系统目标确定。系统由多个部分所构成,各部分之间具有确定的关系。系统存在于一定的环境之中,环境支撑和制约着系统。系统也是人们根据事物的相互联系和组成来把握事物整体性的方法。

一个大的系统往往是复杂的,常常可按其复杂程度分解成一系列小的系统,这些小的系统统称为大系统的子系统,也就是说,这些子系统有机地组成大的系统。

2. 系统的特性

(1) 整体性

系统为实现其目标,由各个部分协调构成为有机整体,这就是系统的整体性。

(2) 关联性

系统的关联性是指构成系统的各个部分之间存在互相联系、互相依存的关系。关联性是系统整体性的保证。

(3) 层次性

系统的层次性是指系统的一种共性结构模式,表现为可以把系统的结构纵向划分成一种层次结构。系统的层次性反映人们观察和看待系统的层次。

(4) 适应性

任何一个系统都处于确定的环境之中,与环境保持着密切的联系。环境支撑着系统的存在及系统的运转,系统与环境形成一种和谐的关系。

1.1.3 信息系统的概念和特性

1. 信息系统的概念

信息系统是信息和系统两个词汇的合成词。关于信息系统,军事学术界目前还没有公认的权威定义。总装备部电子信息基础部编著的《信息系统——构建体系作战能力的基石》认为,现代意义上的信息系统是指通过传感器、通信网络、计算机和软件等装备,实现信息的获取、传递、处理、存储、分发和使用的系统。李兴柱等编著的《基于信息系统的体系作战能力建设 100 问》指出,“信息系统是以提供信息服务为主要目的的数据密集型、人机交互的计算机网络系统”。谭凯家主编的《基于信息系统体系作战装备运用研究》指出,“信息系统是综合应用计算机、传感器、通信网络、人工智能等现代信息技术而集成的人机系统,是人、规程、数据库、软件与硬件等各种设备工具的有机结合”。徐根初在《信息化作战理论学习指南》中认为,信息系统作为一个大系统的子系统,用于沟通组成大系统的各子系统。信息系统类似大系统的神经网络,它使其他诸要素发生联系,具有相当重要的作用。

信息系统(Information System, IS)是指以对信息进行收集、整理、转换、存储、传输、加工和利用为主要目的与特征的系统。信息系统的基本要素包括信息和物质,物质是信息系统中的条件性要素,而信息是功能性要素。目前所说的信息系统,通常是指建立在现代信息技术基础上的,利用计算机、网络、数据库等现代信息技术,处理组织中的信息、业务、管理和决策等问题,并为组织目标服务的综合系统。

信息系统涵盖的范围十分广泛,按照相关属性可以分为不同类别的信息系统。根据系统应用模式,可分为信息采集系统、信息处理系统、管理信息系统、决策支持系统、情报检索系统、办公信息系统等;根据应用领域,可分金融信息系统、商业信息系统、教育信息系统、医疗信息系统、科技信息系统、农业信息系统、工业信息系统、军事信息系统等。其中,军事信息系统是应用在军事相关领域中的信息系统。

2. 信息系统的特性

信息系统除了具有系统的一般特性,还有独特性。

(1) 信息性

信息性是信息系统的显著特征,也是信息系统区别于其他系统的主要特性。信息是信息系统的主体性要素,对信息进行加工处理是信息系统的主要功能。信息系统与外界环境始终保持着物质、能量和信息的交互,属于典型的开放系统。通过向外界环境输出和外界环境向信息系统的输入,使得信息系统不断与外界保持交互,从而体现信息系统的价值。

(2) 综合性

信息系统综合了信息和物质两类多形式的复杂要素。信息要素是信息系统的主体,物质要素是存储和处理信息的条件。两种要素在信息系统中并不是分立存在的,而是密切地交织在一起的,构成综合性的信息系统。信息系统的综合性还体现在它与外部环境的关系上。所有信息系统都是开放的,与外部环境构成和谐的、更大范围的系统。信息系统综合了对信息的收集、整理、存储、加工、变换、传输、输出等完整的信息处理过程。任何一个信息系统,必须包括这些处理环节或主要的处理环节。

(3) 集成性

集成性是指把多个相对独立的构件或部分,根据目标的需要构成和谐、兼容和相互联系

的整体。信息系统是以集成的方式构成的,并存在着系统集成、平台集成和信息集成多种形式。信息系统通常作为一个子系统存在于用户所在系统,其通过满足用户的信息需求而发挥自身功能,达到所在系统的优化。

(4) 发展性

信息系统随着组织的目标、环境和需求的变化而改变,信息系统是发展变化的开放型系统。信息系统的发展与信息技术的进步密切相关。信息功能的大小、处理信息效率的高低、信息系统整体能力的发挥均依赖于信息技术的先进与否。另外,信息系统的内涵与外延也处在急剧的发展变化过程之中。建立在现代信息技术基础之上的信息系统是近几十年才建立和发展起来的,其应用领域、系统规模和信息处理能力正在以惊人的速度向广度和深度发展。

1.1.4 信息系统的基本功能

不同的信息系统具有不同的功能。总的来说,信息系统有六大功能。

(1) 信息采集

信息采集也称信息获取。信息采集是信息系统的一个重要环节,就是借助各类传感器系统、专门的情报系统等手段,及时、准确地从外界得到各类信息的功能。信息采集功能表现为信息系统与各类信息源相连,形成多渠道、多手段、多层次、全方位的全源信息收集体系,使获得的信息相互补充、彼此印证。同时,信息采集直接关系到信息系统中传输和处理信息的质量,对信息系统的功能和作用效果有着直接的影响。

(2) 信息处理

信息处理也称信息加工,它是信息系统最基本的功能,就是借助信息处理、情报分析等各种设备和手段,按照一定的规则和程序对信息进行加工的功能。信息处理涵盖的范围较广,既包括一般意义上的信息分类、存储、检索、分发、输出等信息处理,又包括信息登录、格式检查、属性检查、信息融合、数据挖掘、统计计算等深层次、内容复杂的复合型信息处理。

(3) 信息传递

信息传递是指在信息系统内部各子系统之间或信息系统外部和信息系统之间进行的信息传递工作。信息系统分布在企业的各个部门和各个业务处理过程之中,信息系统的各子系统之间存在着广泛的信息联系,要实现信息处理就需要传输信息。信息系统可以直接从外部系统传输信息,也可以把自己的信息传输给外部其他信息系统。系统规模越大,传输问题越复杂。

(4) 信息存储

数据被采集进入系统后,在加工处理过程中,信息系统要保存大量的历史信息、处理的中间结果和最后结果,还要保存大量的外部信息。因此,信息系统需要提供信息存储功能。由于计算机的存储能力和数据库技术的发展,信息的存储已经变得十分方便和灵活。

(5) 信息管理

信息系统中要存储和处理的数据量很大,使用过程中要对信息进行管理。信息管理主要包括规定应采集数据的种类、名称、代码等,规定应存储数据的存储介质、逻辑组织方式、数据传输方式、保存时间等。

(6) 辅助决策

信息系统辅助决策主要以人工智能和信息处理技术为工具,以数据库、专家系统、数学模型为基础,通过计算、推理和仿真等手段对数据进行加工分析,以求得所需的预测、决策及综合信息,并提供方便的人机交互接口和快速响应时间。辅助决策的质量主要依赖软件、

模型和数据库的质量。

1.2 军事信息系统的相关概念

近年来,有关军事信息系统的名称与概念繁多,如信息化、军队信息化、军队指挥自动化、军队指挥自动化系统、综合电子信息系统、战场信息系统、军事信息系统、综合信息系统、指挥信息系统、综合军事信息系统等,这些概念密切相关、意义相近却又略存差异。

1.2.1 信息化的概念

“信息化”(Informationization)一词最早于 20 世纪 60 年代出现在日本的一些学术文献中,当时“信息化”这一概念主要是从产业角度进行阐述和界定的。20 世纪 70 年代,德国、欧共体和联合国教科文组织等国家及国际组织先后出台了一系列推动信息技术在社会中应用和发展的规划,这些规划都把信息基础设施作为重要一环。1993 年 9 月,美国克林顿政府正式提出建设“国家信息基础设施”(National Information Infrastructure, NII),俗称“信息高速公路”(Information Superhighway)计划。与此同时,美国国防部对应推出“国防信息基础设施”(Defense Information Infrastructure, DII),其核心是发展以 Internet 为核心的综合化信息服务体系和推进信息技术(Information Technology, IT)在社会各领域的广泛应用。在其带动之下,许多发达国家和发展中国家相继出台了一系列国家信息基础设施建设规划,从而引发了全球信息化建设的浪潮。

我国对信息化的定义,是原国家计委在《国民经济和社会发展第十个五年计划信息化重点专项规划》中规定的,指出“信息化是以信息技术广泛应用为主导,信息资源为核心,信息网络为基础,信息产业为支撑,信息人才为依托,法律、法规、标准为保障的综合体系”。“十五”期间,我国实施了五大信息工程(信息资源开发工程、信息基础设施工程、信息化应用工程、电子商务工程和信息产品工程),加快了我国国民经济和社会全面信息化的进程。之后,我国加快推进各领域的信息化建设,信息化水平取得重大进展,涌现出了一大批信息化建设成果。

1.2.2 军队信息化与军队信息化建设

1. 军队信息化

军队信息化或称军事信息化,是世界军事变革的主题,也是中国特色军事变革的本质和核心,是信息时代军队现代化的具体体现。军队现代化,是一个永恒的话题,是一个动态发展的概念。在工业时代,军队的现代化就是实现机械化,进入信息时代,信息化则成为军队现代化的时代定义和主要标志,建设信息化军队也就成了这一时代军队现代化的本质要求。因而,自 20 世纪 90 年代以来,世界发达国家军队在逐步理清发展目标和方向后,开始采取种种措施,加速信息化建设进程。

信息化是机械化发展的必然趋势,机械化武器装备不实现信息化,作战指挥控制理论和手段不实现信息化,就谈不上信息化战争和信息化军队。信息化无法脱离机械化,它必须依存于机械化的物质之上。信息化不是彻底否定和取代机械化,而是通过机械的智能化使武器

系统的效能得以充分发挥,从而强化其攻击和防护的双重能力。信息化战争也不是对机械化战争的简单延续,而是在继承的基础上,用它的革命性和先进性对机械化时代的军事系统进行脱胎换骨的改造,果断抛弃那些过时的、陈旧的,与先进科学技术及军事理论不相适应的东西,使其从单纯追求物质、能量这两大因素转到追求物质、能量、信息三大要素及其有机结合上来,从而确立以信息制约能量的释放、以信息配置资源、以信息网络筹建战场、以信息武装军队的观念,使机械化的武器装备、作战理论在信息技术的支撑下有一个质的飞跃。

军队信息化是信息时代军队现代化的具体体现,是国家信息化的重要组成部分。对军队信息化的解释尚未形成统一、清晰的界定,一般认为,军队信息化是指军队的组织及能力结构从以物质能量为中心,向以信息与知识为中心的转变过程,是在军队各个领域广泛运用信息技术,发展改造武器装备,开发利用信息资源,聚合重组军队要素,提高基于信息系统的体系作战能力,推进军队变革发展的过程。其战略目标是建设信息化军队、打赢信息化战争。

2. 军队信息化建设

军队信息化建设,是世界新军事变革的重要组成部分,是推动军事变革向深度和广度加快发展的现实动力。军队信息化建设是建设信息化军队的过程,信息化军队是军队信息化建设的最终结果。军队信息化建设在内容上涵盖军事理论、军事技术、武器装备、军事人才、后勤保障等各方面。

军队信息化建设的根本目的是提高军队的核心战斗力——信息力和结构力。信息力是指军队在遂行任务时,在作战指挥、协同动作、精确打击、后勤保障等方面所需的信息支撑、信息保障等能力。支持这种能力的装备基础是 C^4ISR 系统和信息化武器。军队的信息力是一种作战能力,与精确打击能力、防空能力、快速投送能力等一样,是一体化联合作战中绝对必不可少的,是第一位的作战能力。结构力是军队因大量采用信息技术,而使其武器装备、军事人员、体制编制和军事理论实现科学合理的整合后,产生的 $1+1>2$ 的作战能力。我们可以把结构力分解为功能结构力和组织结构力。功能结构力是指目标探测、跟踪识别、指挥控制、火力打击、战场防护、作战机动和毁伤评估等作战功能实现一体化后产生的作战能力;组织结构力则是陆、海、空、天、电等各作战单元和各种部队一体化、网络化后生成的作战能力。而“信息优势”是指信息化战争中,敌对双方中具有更强信息能力的一方相对另一方所处的优势状态。未来信息化作战,不仅要夺取空中优势、海上优势,更重要的是首先要夺取信息优势。

海湾战争之后,美军着眼 21 世纪美国在全球的利益和军事战略要求,持续推进以信息技术为核心的军事技术革命,在作战理论、武器装备、体制编制以及思想观念上均有较大进展,陆军、海军、空军等军种部队相继提出了信息化建设的发展计划,其最终目标是建设一体化的 C^4ISR 系统,从而形成覆盖陆、海、空、天、电磁频谱等领域的全球统一的指挥、控制、通信、计算机、情报、监视与侦察体系,将一支适应机械化战争的军队建设成为适应信息化时代各种挑战的信息化军队。通过科索沃战争、伊拉克战争、阿富汗战争等作战实践,美国军队的信息化建设水平得到进一步提高。

我军是在机械化建设进程尚未全面完成的情况下推进信息化的,某些方面尚处于半机械化的状态,既具有现代化军队的许多先进因素,又保留着许多非现代化的传统成分,高技术含量较少,低技术含量较大,信息文明、工业文明与农业文明并存。所以,在实现国防现代化进程中,必须以信息化为主导,以机械化为基础,以信息化带动机械化,将信息化与机械

化融为一体,互相促进,协调发展,共同提高,走机械化、信息化复合式发展道路。

1.2.3 军队指挥自动化与军队指挥自动化系统

1. 军队指挥自动化

我军在不同时期对军队指挥自动化有不同的定义。1986年出版的《中国军事大百科全书》对军队指挥自动化(Automation of Military Command)的定义是:在军队指挥系统中,运用以电子计算机为核心的自动化设备和软件系统,使指挥员和指挥机关对所属部队的作战和其他行动的指挥,实现快速和优化处理的措施。目的是提高军队指挥效能,最大限度地发挥部队的战斗力。

1997年出版的《军语》将军队指挥自动化定义为:利用现代科学技术,对指挥所需信息的收集、存储、传递和处理实现自动化。

在20世纪90年代中期相关的论述中,对军队指挥自动化的定义进一步充实完善为:“在军队指挥体系现代化建设中,综合运用现代科学技术和现代军事理论,把指挥、控制、情报、通信、侦察、监视等指挥职能(单元)组合成一个指挥控制整体,实现作战信息收集、处理、传递、利用的自动化和决策方法科学化、指挥与控制一体化。目的是不断变革、完善指挥体系,提高军队指挥控制效能,最大限度地发挥部队战斗力,建立和保持部队作战和国家安全战略的优势,不断改善军队总的现代化水平。”这个定义说明军队指挥自动化是军队现代化建设的一个重要目标,目的是提高军队指挥控制效能,增强部队战斗力。

随着信息技术的进步,军队信息化建设的发展,人们认识的提高,军队指挥自动化的概念也在不断发展变化之中。2001年7月,我军颁布的第一代《中国人民解放军指挥自动化工作条例》中,将军队指挥自动化定义为:“在军队指挥体系中建立和运用指挥自动化系统,辅助指挥员和指挥机关实现科学、高效的指挥控制与管理活动。指挥自动化对于提高指挥效能,增强军队联合作战能力和信息作战能力具有重要作用,是军队现代化建设的重要目标。”

随着信息技术的日益发展,军队的信息化建设成为信息时代建军强军的重要目标,军队指挥自动化又被赋予了新的生命与内涵,其概念和内涵也在不断扩大和变化。现阶段,军队指挥自动化就是军队的信息化。

2. 军队指挥自动化系统

军队指挥自动化系统有时简称为指挥自动化系统,是我军20世纪70年代从美军和苏军引进的,与美军 C^2 (Command and Control)、 C^3 (Command Control+Communication,指挥、控制与通信)、 C^3I (C^3 +Intelligence,情报)、 C^4I (C^3I +Computer,指挥、控制、通信、情报与计算机)、 C^4ISR (C^4I +Surveillance+Reconnaissance)等概念一样,本身是一个发展中的概念,如美军的指挥自动化系统,已由最初单一军种的 C^2 、 C^3I 等系统,发展为诸军兵种互联互通,融合指挥控制、预警探测、情报侦察、通信、信息对抗、综合保障、武器控制、数字化单兵等多种功能与作战单元于一体的综合信息系统。

《中国人民解放军指挥自动化工作条例》对指挥自动化系统的定义是:以计算机为核心,具有指挥控制、情报侦察、预警探测、通信、电子对抗和其他作战信息保障功能的军事信息系统。

该定义将指挥自动化系统明确为军事信息系统,客观反映了指挥自动化系统的核心本质

是军事信息的获取、处理、决策支持和对部队实施指挥与控制以及战场管理等。在军队指挥自动化系统中,指挥和控制是核心,情报是基础,通信是纽带。

该定义也一定程度上反映了军事信息系统的综合性,即要素的综合。在系统功能上强调了指挥控制、情报侦察、预警探测、通信、电子对抗和其他作战信息保障功能作为一个有机整体,各要素在整个系统中相互配合,协调工作,实现搜集、传递、处理作战信息快速与优化,决策方法科学化以及决策的及时与准确;在系统结构上强调各业务要素构成的相对独立性和综合性。指挥自动化系统集成当代最新技术,综合运用以计算机技术为核心的现代电子与信息科学技术和军事科学理论,具有多种综合保障功能的军事信息系统。

1.2.4 综合电子信息系统与综合(战场)信息系统

由于指挥自动化系统概念是一个发展中的概念,从 C^2 到 C^4 ISR系统。此后不断有新的功能加入,如精确打击(Kill)、信息(Information)、协调(Coordination)、反情报、信息战等,这个不断扩展的 C^mT^n 易造成词义上的困惑,采用综合电子信息系统这个名词可达到概念的稳定和通用的目的。

同时,人们认为综合电子信息系统这个名称太过宽泛,看不出是民用还是军用,没有突出军事领域的特征,所以又有人将其称为“战场信息系统”。随着适应信息化条件下联合作战的需要,全军信息系统综合集成建设和改造工程地开展,又出现了“综合信息系统”“综合军事信息系统”等名称。

1.2.5 军事信息系统与指挥信息系统

1. 军事信息系统的概念

关于军事信息系统的概念有多种认识。《中国人民解放军军语》的定义为:由信息获取、信息传输、信息处理、信息管理和信息应用等部分组成,用于保障军队作战和日常活动的信息系统。主要包括指挥信息系统、作战信息系统和日常业务信息系统。《军队信息化词典》的定义为:军事信息系统是指以军事信息技术为核心,以信息的获取、传输、处理等为主要功能的信息系统的统称。国防大学教材《军事信息学》的定义为:军事信息系统,就是围绕军队建设、管理、训练和作战的需要,以现代信息技术特别是计算机技术为基础,以提高军队战斗力为根本目的而构建起来的,能够实现军事信息采集、传递、处理、利用与信息对抗等全部或部分功能的人机综合系统。任连生在《基于信息系统的体系作战能力概论》中认为:军事信息系统,是指为提高诸军兵种信息化条件下的作战能力,以先进的军事信息技术为基础构建的能够实现军事信息获取、传递、处理与利用等多种功能的人机综合信息系统。它是信息系统在军事领域的应用,是各种军事信息赖以流动并支撑军队作战的依托平台;周林在《军事信息学》中认为:军事信息系统是能够有效支撑军事斗争和作战行动,能够提供作战指挥控制手段和军事信息保障,能够进行人机对话的技术系统。

综合以上各种定义,可以看到在学术上对军事信息系统的内涵认识基本一致,主要包括以下方面:一是能够涵盖军事信息的整个流程;二是包括了相对独立的综合电子信息系统和嵌入式信息系统,三是属于人机结合的系统。但对军事信息系统外延的认识还不尽一致,有的认为军队所有的信息系统都是军事信息系统,有的认为主要指军事信息作战系统及相关军事信息保障系统,有的认为主要包括指挥控制系统、综合保障系统和日常业务系统。本书认为,军事信

息系统在概念内涵上，主要包括指挥信息系统、作战信息系统和日常业务信息系统。

2. 指挥信息系统的概念

指挥信息系统作为军事信息系统的重要组成部分，对其概念的内涵与外延界定也有一个认识发展过程。在国外，军队指挥信息系统有许多其他叫法，如指挥自动化系统、自动化指挥系统、战场管理系统等，更多的是用指挥信息系统要素的英文字缩写来表示，用它来表示指挥信息系统的发展及其关键要素。

20 世纪末，我军认为，一味追求“大而全”的系统是不现实的，应当贯彻“有所为有所不为”的思想，在一个时期内重点把指挥中心及其配套的指挥信息系统建设好。因此，最初的指挥信息系统主要以指挥所系统为主，以突出指挥自动化系统的指挥控制功能，加入侦察情报、信息基础设施、信息保障等分系统（如图 1-1 所示）。其中，信息基础设施包括通信系统、软件基础环境、国防基础数据、测绘导航保障系统等内容（如图 1-2 所示）。

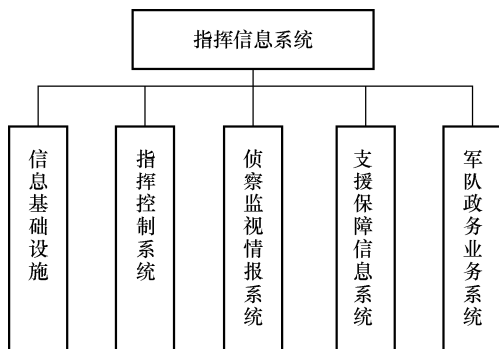


图 1-1 军队指挥信息系统组成

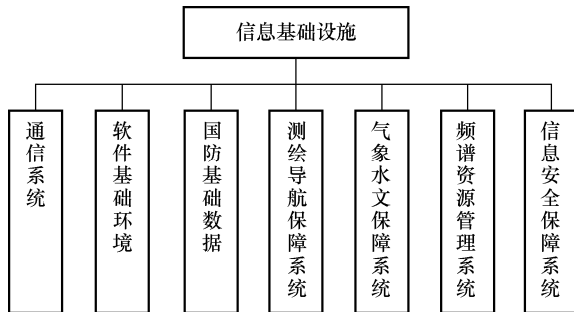


图 1-2 信息基础设施组成

这个界定与指挥自动化系统相比，突出了信息基础设施系统，并将通信系统融入其中，增加了政务业务工作系统。在功能系统上比指挥自动化系统少一个功能模块，但就其内涵来看，要比原先的指挥自动化系统更丰富。

我军 2006 年 4 月 1 日起施行的新一代《中国人民解放军司令部条例》正式采用指挥信息系统这个名称，以取代原先条例中有关指挥自动化系统建立、开设、使用、管理等司令部工作的描述。该条例将指挥信息系统重新界定为：“各级通常建立指挥控制、侦察情报、通信、信息对抗、安全保密以及有关保障等分系统；根据需求和可能，建立预警探测、火力打击分系统。”

1.2.6 军事信息系统及与相关概念的关系

如上所述,军队现代化是军队建设目标的统称,军队信息化与指挥自动化是军队现代化在不同时期的具体表现,军队信息化与指挥自动化所表达的含义是一致的;军事信息系统是指挥自动化系统、综合电子信息系统、指挥信息系统、 C^2 、 C^3 、 C^3I 、 C^4I 、 C^4ISR 等系统概念的泛称。

军队信息化或者军队指挥自动化与军事信息系统是两个完全不同的概念,二者相互依存但不能替代。军队指挥自动化与军队信息化是军队现代化建设及国防现代化的战略目标,是努力达到的目的。因此,有人简单概括为:军队指挥自动化即军队现代化。我们可以认为在概念所代表的意义上,“军队指挥自动化等于军队信息化等于军队现代化”;军队信息化建设是建设信息化军队的过程,信息化军队是军队信息化建设的最终结果。军队信息化建设涵盖军事理论、军事技术、武器装备、军事人才、后勤保障等各个方面。

军队信息化(指挥自动化)与军事信息系统(指挥自动化系统)之间的关系可用一句话来概括:军队信息化(指挥自动化)是目标,军事信息系统(指挥自动化系统)是手段。“军队信息化(指挥自动化)”和“军事信息系统(指挥自动化系统)”二者是密不可分的一个整体。军队信息化(指挥自动化)是军事信息系统建设与运用的抽象概括和目标描述,是军队现代化目标体系的重要组成部分,是我们实现军队现代化的重要目标之一,是我们的奋斗目标和努力方向。军事信息系统是军事信息化(指挥自动化)的物质表现和技术实现,是军队信息化(指挥自动化)赖以存在的物质基础。它是一个物质的、具体的军事电子信息系统,是实施作战指挥的具体技术手段。因此军队信息化(指挥自动化)与军事信息系统是一个事物的两种表现。军队信息化(指挥自动化)主要是通过军事信息系统来具体体现与实现的。军事信息系统的技术水平和集成程度将反映军队信息化的发展水平。

1.3 军事信息系统的发展阶段

在军事信息系统由简单到复杂、由低级到高级的发展过程中,从系统的角度看,大致经历了单系统分散建设、业务系统综合发展和一体化发展三个阶段。

1.3.1 单系统分散建设阶段

20 世纪 50 年代末至 60 年代中期,是军事信息系统建设的初创阶段,该阶段系统的特征是结构性能均较为简单,系统自成体系,为了某个目标单独分散建设。由于电子技术的发展及计算机在作战系统中的运用,使作战指挥手段得以向现代化方向发展。20 世纪 50 年代末,美国最先建成并使用的“赛其”半自动化防空指挥控制系统,已被国际上公认为军事信息系统的先驱。与此同时,苏联也建成了与“赛其”系统相似的“天空一号”系统。20 世纪 60 年代初,美国又首先建成并开始使用世界上第一批战略军事信息系统,如战略空军指挥控制系统、弹道导弹预警系统、战略空军核攻击指挥控制系统等。之所以优先发展战略性国土防空与战略核攻击用的军事信息系统,是出于 20 世纪 60 年代中期以前,美、苏两个超级大国在冷战对峙下执行核威胁、核报复战略的需要。

1.3.2 业务系统综合发展阶段

20 世纪 60 年代末到 80 年代中期, 是军事信息系统的全面发展阶段, 该阶段系统的特征是: 根据军事作战的需要, 业务系统区域融合, 能够为某种业务提供全面支持。在这个建设阶段, 美国各军种的战术 C^3I 系统相继建成, 并启用了先进的空中或地面机动式指挥自动化系统, 连同空中与地下的 C^3I 设施, 基本构成了全球性 (全方位、全高度) 的 C^3I 系统, 其现代化水平有了明显的提高。

20 世纪 70 年代, 苏联与美国指挥自动化系统的差距缩小。同时, 北约组织中, 欧洲部分国家的指挥自动化系统建设也有了较大的发展。北约盟国共建的系统和各国自建的系统相继开工并投入使用。日本也于 20 世纪 70 年代后期决定改建其防空警戒系统, 并兴建中央指挥所。可以说, 在 20 世纪 60 年代中期至 70 年代末, 军事信息系统的发展主要体现在系统的数量和种类的增加。

进入 20 世纪 80 年代以后, 军事信息系统的发展主要表现在系统性能和系统之间兼容性的提高。在这一阶段, 美、苏两国的战略性系统得到进一步的改进与更新。至此, 包括中国在内的 20 多个亚非拉国家, 北约和华约的 10 多个国家, 分别建成了各自的指挥自动化系统, 其中以国土防空型居多。

1.3.3 一体化建设阶段

20 世纪 80 年代末至今, 是军事信息系统的成熟阶段。20 世纪 80 年代末、90 年代初, 以美国为代表的发达国家的指挥自动化系统已经成熟, 进入向综合性指挥自动化系统发展的阶段。在 1991 年的海湾战争中, 美军的 C^3I 系统将各种作战行动聚为一体, 开创了多维空间力量联合作战的成功先例。1992 年美军提出“武士” C^4I 计划, 旨在建立一体化的 C^4I 系统, 用以替代各军种独立建设的“烟囱式” C^4I 系统, 采用可互操作的网络体系结构, 能在任何地方、任何时间为作战人员提供准确、完整、实时的作战空间图像、详细的作战任务以及清晰的敌方目标视图, 最有效地发挥作战部队与各级指战员的作用。在 1999 年的科索沃战争中, 美军首次实现了战略、战役、战术三级 C^4ISR 系统的一体化运用, 极大提高了作战效能, 通过精确指挥、远程打击, 使己方人员实现作战的“零伤亡”。

进入 21 世纪后, 军队指挥自动化处于大发展并逐渐成熟的时期。在 2001 年的阿富汗战争中, 美军在信息系统与作战系统一体化方面又前进了一步, 通过信息网络和数据链将主要作战平台连接起来, 从发现战略目标到实施攻击的时间缩短到 19 分钟。在 2003 年的伊拉克战争中, 美军 GCCS 实现了指挥控制系统与侦察监视系统的集成, 尝试把杀伤、摧毁能力嵌入到 C^4ISR 系统中, 形成了从传感器到发射器的一体化结构, 从发现到打击战略目标的时间间隔缩小到 10 分钟。总体看, 一方面, 各国相继制定了新的军队指挥自动化发展战略, 采取多种措施, 投入大量资金, 加快发展各自的指挥自动化系统; 另一方面, 大部分老系统通过引入高新技术而得到更新与改造, 使其更接近现代需要。目前, 正在形成技术上几代新老系统并存、结构上小系统与大系统结合的局面, 指挥自动化系统的一体化程度不断提高, 整体功能不断增强。

1.4 军事信息系统带来的影响及地位和作用

在信息化战争中,军事信息系统的应用在多个方面产生了深远的影响,渗透到了军事作战相关的每个领域,在军事中的地位和作用也越来越突出。

1.4.1 军事信息系统对作战领域其他要素的影响

军事信息系统的广泛应用,对作战行动、武器系统、编制体制等内容有着较大的影响,主要体现在以下几个方面。

1. 对作战行动的影响

(1) 作战体系更加融合

传统作战过程中,指挥员只能通过直接观察或者简单的仪器仪表获取态势信息。信息化作战中,战场态势变化快,可以通过多种手段、多个角度、多个层次获取作战态势信息,并通过信息系统对作战态势信息进行汇总、提炼、整合、分析,从而提高态势感知能力。在此基础上,军事信息系统不仅为各类执行要素提供态势信息,辅助各执行要素对作战态势进行判断,而且其所包含的一些内嵌式信息系统,可以为作战主体提供智能化的辅助决策、状态检测和故障诊断,从而为各作战要素单元提供行动支撑,真正使各组成要素更加紧密地融合在一起,促进作战体系能力的提升。

(2) 作战决策更加科学高效

信息系统为指挥员决策提供前所未有的支撑,提供更大的发展空间。首先,信息系统可对情报信息进行处理和分析,最终显示为指挥员可以感知的图像和数据,为指挥员及时准确确定下作战决心和形成方案提供充分的条件;其次,信息系统通过建立基础数据库、能力评估模型库、能力预测模型库等,把指挥员的指挥决策能力和以计算机为基础的定量计算结合起来,构成一个人机交互的指挥决策环境,辅助指挥员开展决策活动;第三,信息系统提供的并行交互功能使得层级分布式联合决策成为可能。各级各类指挥机构能够依托通信网络平台,同步获取信息,同步开展决策活动。下级利用信息系统可以参与上级决策,了解上级作战意图,能够做出符合整体作战需要的本级决策目标。信息系统提供的计算机仿真技术,以及建立的各种保障数据库、知识库、模型和算法,可对战场保障态势进行多角度、多层次、多因素的分析,进而对保障决策和保障方案做出科学的评估,使得决策更加科学高效。

(3) 作战行动更加快速

恩格斯说:“如果说在贸易上时间是金钱,那么在战争中时间就是胜利。”军事信息系统极大地缩短了收集、处理和提供情报的时间,缩短了下定决心和将决心形成电文传达到部队的时间。同时,军事信息系统对各种影响战斗行动的客观因素,如地形特点、敌人设施遭破坏的程度、我方运输工具、季节和天气等,进行综合分析,选择综合保障方案,做出最优决策等,从而进一步提高作战行动的快速性。

(4) 作战样式更加多样

军事信息系统的各类信息收集终端,密切地监视战场情况变化,以帮助指挥员及时修正

作战方案,采取各种相应的作战样式,使部队能够迅速地从一种作战行动转变为另一种作战行动。如由进攻迅速转入防御,由次要方向迅速转为主要方向,由地面战迅速转为对空战,以及由非核条件下的作战迅速转为核条件下的作战等。

(5) 作战行动更加联合化

在信息化战争中,陆、海、空等多军种联合作战,指挥人员通过各种军事信息系统,实现集中统一的指挥,及时协调各部队的行动,使陆空协同、陆海协同、海空协同等更加迅速、准确、可靠,既保证了作战过程中协同动作的严密性,又保证了作战协同系统在遭到破坏后迅速恢复。

(6) 作战范围更加广阔

军事信息系统的广泛应用,进一步促进了更先进的远程武器系统的发展。各种精确制导武器、大规模杀伤武器以及定向能武器(包括激光武器、粒子束武器、电磁脉冲武器等)、宇宙武器、气象武器等的出现,使战争半径大大增加。并且,战争空间的概念也发生很大变化,已没有了明显的前方和后方。另外,由于军事信息系统使信息传递范围增大,使作战的空间也比以往和现在更加广阔。

(7) 电子对抗将更加激烈

在信息化作战中,无论是指挥、控制、通信、情报,都会依赖于先进的电子设备。而这些电子设备能否发挥作用,又日益依赖于电子对抗技术。因此,一方面要利用侦察、干扰、摧毁等手段,降低和破坏敌方电子设备的性能,使其雷达迷盲、通信中断、制导兵器失控;另一方面又要实施反侦察、反干扰、反摧毁等手段,保证己方雷达工作稳定、通信迅速准确可靠、制导兵器控制自如。可以预料,随着军事信息系统功能的日趋完善,在信息化作战中,电子对抗将更加激烈。

2. 对武器系统的影响

武器系统与军事信息系统的关系极为密切,一方面军事信息系统可以大大增强部队的战斗力,最大限度地发挥武器系统的效能,成为“兵力倍增器”;另一方面,要发展研制新的更加有效的武器系统,必须有军事信息系统的支持。

(1) 军事信息系统对陆军武器系统的影响

陆军武器装备依靠军事信息系统而逐步走向高技术化。现代化陆军武器装备的显著特点是高度机械化、电子化和自动化。例如,装甲车、坦克、步兵战车、自行火炮等,都装备有先进的军事信息系统,可以更好地发挥作战效能。同时,通过多个军事信息系统的综合,可以组成完整的装甲车辆体系,形成强大的装甲突击力量;精确制导武器和常规武器相结合,组成由军事信息系统连通的完整的武器装备体系,形成严密的火力配系;装备有各种新型弹头(炮弹、导弹、反坦克导弹、核炮弹等)的武器系统,通过军事信息系统的操纵和控制,可以大大提高其精度、威力和射程;通过军事信息系统,将陆军武器系统与海、空军武器系统结合成一体,使陆、海、空军联合作战,实施快速战略机动和进行空地一体化作战等成为可能。

(2) 军事信息系统对空军武器系统的影响

空军武器装备的发展与军事信息系统密切相关。首先,由于现代作战飞机时速更快,必须借助于计算机、雷达等信息化装备,帮助其发现目标、判断情况、做出决策和完成各种动

作；其次，由于信息控制系统的使用，可极大地提高飞机的性能，使飞机实现超高空或低空、超低空飞行，保证全天候、全高度和远距离军事打击。

（3）军事信息系统对海军武器系统的影响

现代海军的武器装备已通过岸基、舰载信息系统连成一体，构成综合的信息化指挥控制系统。如信息系统把潜艇上的动力系统、导航系统、通信系统、指挥控制系统、武器系统、探测预警系统、遥感器、传感器系统以及空中、海上、地面的交通管制系统连成了整体，形成战略或战役战术的进攻和防御力量。又如，把舰载目标探测器、通信设备、导航设备、火控设备和电子对抗设备等连成一体，组成舰载指挥控制系统，可以极大地提高水面舰艇的作战能力。

（4）军事信息系统对防空武器系统的影响

防空武器系统是根据空中威胁情况的变化、科学技术的发展和信息系统的日趋完善而逐步发展起来的。20世纪80年代后，军事信息系统的建立并投入使用，防空系统各个环节在采用高速数据链路的基础上，把预警雷达站、预警飞机、防空指挥控制中心、地空导弹、截击机、高炮等组成自动化武器控制系统，使从目标捕获、数据录入、敌我识别、拦截计算、拦截武器的选择、引导和控制，至摧毁目标和引导返航等整个过程实现高度自动化。同时，为改善对低空目标的探测能力，增强防空武器系统的生存能力，提高系统的反应速度和引导精度，自动化系统中普遍装备了高性能的预警机，采用了新型地面雷达预警网，并进一步引进先进的数字信号处理技术和可见光、红外、声学、被动射频探测装置等综合手段，进一步提高雷达的预警能力和防空武器系统的防空效能。

（5）军事信息系统对战略导弹武器系统的影响

战略导弹武器系统包括陆基战略导弹、潜艇和战略轰炸机携带的（潜地、空地）战略导弹、核航弹、反弹道导弹以及战略导弹发射指挥控制中心等。发射指挥控制中心是控制和管理战略导弹武器，使之发挥巨大杀伤力的神经中枢，是对战略导弹及航天器发射实施指挥、监控和管理的机构。系统把各个作战要素，如发射控制室、指挥控制室、安全控制室、信息处理中心和设备保障室等，连接成一个有机的整体。可以说，没有现代化的军事信息系统，就无法构成现代化的战略导弹武器系统。

（6）军事信息系统对太空武器系统的影响

太空武器系统和宇航员队伍离不开航天信息系统的支持。没有航天信息系统，太空武器就不可能进入太空，宇航员也不可能进行太空活动。为了适应日益发展的太空军事活动和太空武器系统的需要，美国国防部于1982年、1983年和1985年先后成立了空军、海军航天司令部和美国航天司令部（即联合军事航天司令部）。美国航天司令部统一指挥和控制弹道导弹预警系统、太空检测系统、军事航天飞机、军事航天站和军事通信、导航、侦察、气象、测地卫星等航天武器系统的活动，将来还要负责反弹道导弹、反卫星系统和卫星防御系统的指挥、控制与协调。

（7）军事信息系统对士兵武器系统的影响

士兵是军队中直接使用武器装备执行战斗（或保障）任务的人员，他们是军队的基础。士兵的数量和质量是关系军队战斗力强弱、影响战争胜负的最直接因素。目前，西方国家正在为单个士兵研制成套的C³I设备。例如，美军最近提出的“增强型综合士兵系统”计划，夜视技术、微电子技术、激光技术、计算机技术、变色技术、信息技术、生物工程技术、

缓冲技术等许多尖端技术于一身,形成一个微型 C³I 系统。它为士兵提供通信、定位、数据和地图存储、敌我识别、告警和火力控制等多种功能。

3. 对部队编制体制及机关工作方式的影响(扁平化)

军事信息系统的应用,进一步促进了部队编制体制的调整和机关工作方式的改变。

(1) 指挥机关的人员构成将发生改变

随着军事信息系统在部队和指挥机关的进一步应用,指挥机关除了要有辅助首长决策的参谋人员,还需有计算机方面的有关专家和维护、使用各种信息系统装备与软件的技术人员。这种参谋、专家和技术人员相结合的复合型人才,成为信息化战争中部队和指挥机关的急需军事人才。

(2) 将产生相应的军事指挥机构和专业部(分)队

随着军事信息系统建设规模的不断扩大和普及运用,促使世界各国军队近年来相继建立了军队指挥自动化管理机构与指挥机构,以及指挥自动化操作、使用与维护部(分)队。美国等西方国家也正在加快数字化战场和数字化部队、网络化部队的建设步伐,并于 2010 年 5 月成立网络司令部,以应对未来的大规模网络作战。

(3) 指挥机关要改变一些原有的工作方式

军事信息系统的广泛应用,使得各级指挥机关必须改变原来的一些不适应现代化指挥控制手段的机关工作方式,简化指挥控制流程,调整指挥编组与结构。

4. 对指挥人员的素质提出更高的要求

军事信息系统是利用现代化信息技术,对相关的军事信息进行收集、处理、分发和使用,为军事目标服务的信息系统。正确运用军事信息系统,使其在作战过程中充分发挥效能,需要指挥人员具有较高的专业素养。

(1) 指挥员的知识结构需要从经验型变为知识型

现代战争要求指挥员必须熟悉作战指挥业务,懂得各类现代化兵器的战术技术性能和操作方法,懂得现代科学技术知识和信息论、系统论、控制论等基础理论;同时还必须熟悉并掌握所管辖业务范围内的信息化装备的运用与操作。

(2) 指挥员的思维方式应由定性型向定性定量综合型发展

随着军事信息系统运用水平的不断提高,完备的信息搜集手段、先进的计算工具和方法,为作战指挥的定量分析创造了条件,而现代战争的剧烈性和复杂性又要求指挥员必须学会和熟练掌握定量分析的方法,通过定性和定量相结合的方法,分析战场态势,做出最佳决策。

(3) 指挥员需要改变传统的工作习惯

军事信息系统的普遍应用,要求各级指挥人员掌握新的技术和操作技能,以适应新的指挥控制手段和新的编组要求。这不仅要求指挥员学习掌握新的工作方法,更重要的是他们还必须转变思想观念和工作作风,积极参与军事信息系统的设计、建设、使用和管理,成为军队信息化的自觉参与者。

总之,军事信息系统是现代科学技术广泛用于军事领域的必然结果。建设军事信息系统、实现指挥控制的现代化,是军队信息化建设的重要工作。顺应这一历史发展的必然趋势,未

来军人的观念和素质,都必须有极大的更新和提高,才能适用信息化战争的需要,在未来的战争中取得胜利。

1.4.2 军事信息系统的地位和作用

军事信息系统的地位和作用具体表现在以下四个方面。

(1) 军事信息系统是国防力量的重要组成部分

在现代战场上,军事力量各要素之间的紧密协调和各种武器系统威力的发挥,越来越明显地表现出对信息的依赖,信息优势已成为决定战争进程与结局的重要因素,而建立高效的军事信息系统,则是掌握信息优势的关键。在各种军事信息系统的基础上,通过多种信息化手段,可以有效地指挥和控制己方的作战兵力,准确把握敌方的作战行动,发挥各种武器系统的威力,并通过电子对抗使敌方无法了解己方的情况,通过掌握制信息权,达到“不战而屈人之兵”的目的。

(2) 军事信息系统是提高信息化作战指挥效能的“倍增器”

在现代战场上,单一武器的作战效能正逐渐弱化,体系与体系的对抗已成为高技术战争的重要特点。武器系统特别是高技术武器系统,只有通过军事信息系统才能构成一个有机的整体,充分发挥其作战效能。军事信息系统的这种“聚合”作用,可以使各类武器系统形成配合密切、运转灵活的整体打击力量,从而充分发挥各种武器系统的最大效能。军事信息系统对作战兵力兵器的快速、合理分配,可以最大限度地减少作战消耗,使作战行动更加直接有效,使作战指挥效能得到“倍增”。

(3) 军事信息系统是作战指挥的必备手段

在高技术战争中,参战军种增多,武器装备复杂,作战空间扩大,节奏加快,信息量剧增,战场情况瞬息万变,依靠传统手段已无法实施有效的指挥。军事信息系统作为一种先进的指挥手段,既能充分发掘技术潜力,在实战中体现现代科技的巨大优越性,又可以有效地发挥指挥员的聪明才智和创造性,在瞬息万变的战场情况下,有效提高指挥与控制效能。可以说在现代战争中,指挥员若离开先进的军事信息系统,取得战争的胜利是不可能的。

(4) 军事信息系统是国际上军事对抗的重要领域

未来高技术条件下的局部战争,将是系统对系统、体系对体系的对抗。特别是在信息战的背景下,围绕军事信息基础的军事信息系统的对抗将异常激烈。首先,军事信息系统将成为最先被打击对象。美军认为,摧毁对方指挥系统或压制其指挥效能,使其不能做出及时、准确的反应,是夺取作战胜利的重要保证。其次,军事信息系统用得好是战斗力的“倍增器”,用不好则会成为“战斗力的倍减器”,会造成严重后果。海湾战争中,伊军由于C³I系统遭到严重破坏,致伊军指挥瘫痪,绝大多数防空武器失去了战斗力,这些成为伊军战败的关键因素之一。

1.5 军事信息系统的分类

军事信息系统是应用在相关军事领域为军事目标服务的信息系统,其涵盖范围十分广泛,目前还没有公认的统一分类方法。本书主要从应用的军兵种类别、指挥层次、系统规模、应用

领域等几个不同的角度和层面对军事信息系统进行分类，力求反映主要的军事信息系统特征。

1. 按军兵种分类

军事信息系统在不同的军兵种内都有重要的应用，根据应用的军兵种类别不同，军事信息系统可分为陆军军事信息系统、海军军事信息系统、空军军事信息系统、火箭军军事信息系统。

- 陆军军事信息系统，包括总部，军区，陆军的军、师（旅）、团、营、连等，不同级别的军事信息系统。通常，高一级的军事信息系统由低一级的军事信息系统构成。
 - 海军军事信息系统，包括舰队、编队和舰艇等不同级别的军事信息系统，根据系统使用环境不同，又可分为岸基军事信息系统和舰载军事信息系统。
 - 空军军事信息系统，包括总部，空军的师、旅、团（联队）等不同级别的军事信息系统，根据使用环境的不同又可分为空中军事信息系统和地面军事信息系统。
- 火箭军军事信息系统，包括战略导弹部队和常规导弹部队的军事信息系统。

2. 按指挥层次分类

根据作战指挥层次的不同，军事信息系统可分为战略军事信息系统、战役军事信息系统、战术军事信息系统和平台级军事信息系统等。

（1）战略军事信息系统

战略军事信息系统是保障最高统帅部或各军种遂行战略指挥任务的军事信息系统，包括国家军事指挥中心、国防通信网、战略情报系统等。其中，国家指挥中心是战略军事信息系统中最重要的部分，一般管辖若干军种指挥部。国防通信网是军队信息传递和交换的基础，是军队传输指挥信息、管理信息以及情报信息的主要载体。它以国家军事指挥中心为核心，跨层次、跨军种、多兵种共用，具有相当规模，是相对独立的军事通信系统。战略情报系统是运用预警探测、技术侦察、部队侦察以及电子对抗侦察手段组成的全方位的军事信息系统。

（2）战役军事信息系统

战役军事信息系统是保障遂行战役指挥任务的军事信息系统，包括战区军事信息系统、陆军战役军事信息系统、海军战役军事信息系统、空军战役军事信息系统和战略导弹部队战役军事信息系统等。战役军事信息系统主要针对战区范围内的诸军种部队实施指挥，或各军种对本军种部队实施指挥。战役军事信息系统既可以遂行战役作战任务，又可以与战略军事信息系统配套。

（3）战术军事信息系统

战术军事信息系统是保障遂行战斗指挥任务的军事信息系统，包括陆军师、旅（团）军事信息系统，海军基地、舰艇支队、海上编队军事信息系统，空军航空兵师（联队）和空降兵师（团）军事信息系统，地地导弹旅军事信息系统等。战术军事信息系统种类繁多，功能不一，其共同特点是机动性强，实时性要求高。

（4）平台级军事信息系统

平台级军事信息系统主要是指各种作战平台和武器控制信息系统，包括坦克、飞机、舰艇等战役战术武器的信息系统。一个完整的武器控制系统通常包括目标探测或信息获取信息系统、信息处理系统、目标分配系统、武器控制系统等。武器控制信息系统的使用，实

现了从目标发现、目标辨识、引导攻击到判明打击效果等全过程的自动化,从而使整个作战过程能在转瞬间完成。单兵军事信息系统也是典型的平台级军事信息系统,是保障单个士兵遂行作战任务的信息系统,包括整体式头盔子系统、单兵武器子系统、个人便携式电子计算机/通信子系统、全球定位系统(GPS)和生存子系统等。单兵军事信息系统将发展成为一个综合性的指挥自动化信息平台。

3. 按系统规模分类

根据系统规模的大小,军事信息系统可分为平台级军事信息系统、小规模军事信息系统、中等规模军事信息系统、大型军事综合信息系统等。

(1) 平台级军事信息系统

平台级军事信息系统主要是指各种作战平台和作战武器上的信息系统,通过信息获取、信息处理、信息分发、信息利用等信息处理流程实现作战平台和武器装备的控制,对军事目标实施有效的军事打击。例如,导弹上的军事信息系统、数字化高炮的军事信息系统、装甲车辆的军事信息系统、战斗机军事信息系统、预警机军事信息系统、警戒雷达军事信息系统等。

(2) 小规模的军事信息系统

小规模的军事信息系统主要是指以班、排、连等为单位的信息系统。这些信息系统通常由多个平台级信息系统集成为能力更强、功能更多的军事信息系统。例如,由多部雷达构成的雷打阵地信息系统,由坦克连构成的小型军事信息系统等。

(3) 中等规模军事信息系统

中等规模军事信息系统主要是指由多个小型信息系统构成的具有自动化指挥功能的综合性军事信息系统。这种军事信息系统通常具有预警预测、情报侦察监视、导航定位、军事通信、指挥控制、综合保障等多种功能,能够实现师、旅、团级的自动化指挥。

(4) 大型军事综合信息系统

大型军事综合信息系统也称综合电子信息系统,是对各种武装力量的综合,是对各种信息系统的集成,主要目的是全面提高军队的信息作战能力、信息业务支持能力、武器装备体系集成能力。目前,军事综合信息系统正处于动态发展中,其组成涉及指挥控制、情报侦察、预警探测、通信导航、电子对抗、综合保障等多个信息功能领域,涉及国家级、战区级、战术级等多个作战指挥层次,涉及各总部、诸军兵种各类军事信息系统。随着系统应用范围的拓展,国防信息基础设施建设和武器系统信息化建设也将纳入其中。

4. 按应用领域分类

根据不同的应用领域,军事信息系统可分为预警探测系统、情报侦察系统、导航定位和交通管制系统、指挥控制系统、军事通信系统、电子对抗系统、综合保障系统等多个类型。

(1) 预警探测系统

预警探测系统主要是指运用多种探测手段对敌方各种目标信息进行实时探测、搜集、处理、存储和分发的信息系统。根据预警探测装备位置的不同,预警探测系统可进一步分为天基预警探测系统、空基预警探测系统、陆基预警探测系统、海基预警探测系统等;根据目标信息用途的不同,预警探测系统可分为战略预警探测系统、战役预警探测系统和战术预警探测系统;根据目标运动特性的不同,预警探测系统可分为空气动力目标预警探测系统和弹(轨)

道目标预警探测系统等；根据预警探测技术的不同，预警探测系统可分为无线电预警探测系统、光学激光预警探测系统和红外预警探测系统等；根据预警探测监视范围的不同，预警探测系统可进一步分为空间预警探测系统、陆地预警探测系统和海洋预警探测系统等。

（2）情报侦察系统

情报侦察系统主要是指用多种侦察手段对敌方的各种情报进行搜集、处理、分析、存储和分发的军事信息系统。根据情报侦察手段（平台）的不同，情报侦察系统可分为卫星情报侦察系统、空中情报侦察系统、地面情报侦察系统、海上情报侦察系统和谍报侦察系统等；根据情报用途的不同，情报侦察系统可分为战略情报侦察系统、战役情报侦察系统和战术情报侦察系统等；根据情报侦察技术的不同，情报侦察系统可分为信号情报侦察系统、光学情报侦察系统、雷达情报侦察系统以及振动、声音、磁敏和压敏战场情报侦察系统等。

（3）军事导航定位和交通管制系统

军事导航定位和交通管制系统包括导航定位系统和交通管制系统两部分。导航定位系统主要确定运载体的坐标位置，并引导其到达给定位置，包括地基导航定位系统、天基导航定位系统和自主式导航定位系统等。军事交通管制系统主要对各种军用运载体的安全和高效运动进行管理，包括陆上交通管制系统、空中交通管制系统、海上交通管制系统和太空交通管制系统等，交通管制系统大多为军用和民用共享方式。

（4）指挥控制系统

指挥控制系统主要是指在各级指挥所内，为指挥人员制定作战计划、指挥、协调和控制部队服务的军事信息系统。现代指挥控制系统已发展为包含作战管理和指挥控制（Battlefield Management/Command and Control, BM/C²）的信息系统，具有作战筹划、信息处理和融合、实时作战指挥控制、日常作战管理等功能。使用过程中，不同军兵种的指挥控制系统功能差别较大。

（5）军事通信系统

军事通信系统主要是指通过各种信息传送方法或手段实现军事信息高效、安全、实时传输的信息系统。根据通信用途的不同，军事通信系统可分为战略通信系统、战区通信系统和战术通信系统等；根据通信传输线路的不同，军事通信系统可分为有线通信传输系统和无线通信传输系统等；根据信息传送双方所在地点的不同，军事通信系统可分为地地、地空、地海、地天、空空、空海、空天、海海、海天、星际等通信系统。

（6）综合保障信息系统

主要为作战过程提供测绘、气象、工程、防化、后勤、装备、频率管理等方面的综合保障支持。

1.6 军事信息系统分析与设计的主要内容

通常军事信息系统的开发过程往往需要经历几个阶段：系统分析（确定系统将做什么）、系统设计（定义子系统及其接口）、系统实现（独立地创建子系统）、综合集成（把子系统联结成一个整体）、系统测试（验证系统的功能和性能）、安装（使系统能够试运行）和运行（系统使用维护）等七个反复迭代的阶段（如图 1-3 所示）。在这个系统开发的过程中，

不是以产品加工为中心,而是以系统分析与设计为中心开展的,其中军事信息系统的分析与设计是军事信息系统建设过程中的重要环节,决定着军事信息系统建设的成败。与一般技术工程相比,军事信息系统建设的难度不仅仅来自技术方面,还与系统使用单位的内外环境有关,有时部队的编制体制、工作流程、军事人员与工程技术人员知识技能等也成为影响军事信息系统的因素。因此,在分析和设计军事信息系统时,应该格外重视社会人文因素对军事信息系统的影响。

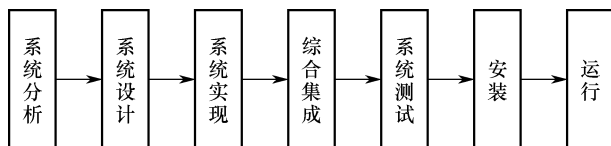


图 1-3 军事信息系统的开发过程图

1.6.1 军事信息系统分析

系统分析是指人们认识问题、提取系统开发需求、规范对象行为和确定处理方法的过程。该阶段的主要工作是进行系统可行性研究、系统分析和系统需求分析。具体来说,就是指在实际业务详细调查的基础上,开发人员对待处理问题进行全面的和局部的分析、优化并合理制定新系统的逻辑方案的过程。

军事信息系统分析主要指军事信息系统的需求分析和验证。军事信息系统的需求分析主要从作战的角度对军事信息系统建设提出的要求。军事信息系统分析的好坏,直接影响军事信息系统设计阶段的质量好坏,军事信息系统分析类似全局的总体规划,军事信息系统设计则是总体规划下的各个局部细节的安排。

军事信息系统分析过程一般包括以下几个方面。

(1) 需求获取

需求工程师通过各种方法与策略从不同渠道收集需求信息。军事信息系统的需求获取和传统的需求获取基本一致,在本质上都是为了获取原始的用户需求,主要考虑三个问题:应该收集什么信息,从什么来源收集信息,通过什么方法或机制收集信息。只不过军事信息系统的需求获取在内容、信息来源以及方法等方面的复杂度远远高于传统的需求获取。

(2) 需求分析

在获得原始需求的基础上,由需求分析人员分析用户和各类业务对系统开发的实际需求,从而为需求建模奠定基础。军事信息系统需求分析主要完成五个方面的工作:使命任务分析,指挥体制分析,业务能力分析,信息分析,功能与性能分析。

(3) 需求建模

在规范和优化业务过程的基础上,通常采用规范的外部图形化描述和严格的内部形式化描述相结合的方式组织和描述各类需求,最终形成军事信息系统需求的描述文档。

(4) 需求验证

需求分析人员采用一定的分析方法和工具,以需求模型为基础,在部队用户以及领域专家的共同参与下,通过一系列的检查、比较、验证和调整等活动,分析并确定需求规格说明的一致性、完整性、有效性和可行性,最终得到优质需求的有序过程。

军事信息系统的建设是一个复杂的系统工程,系统分析过程很难一步到位,必须经过系

统化的迭代合作的分析过程。军事信息系统分析一般是指系统的需求分析和验证。该过程涉及人员众多,必须由不同领域的业务人员或技术人员与需求分析人员密切配合,发挥相应领域专家的特长,以军事信息系统所要履行的作战任务和所服从的指挥体制作为分析依据,同时考虑军事信息系统所运行的特殊环境,不仅要明确军事信息系统的功能、行为特征及其限制,还要精确描述军事信息系统要素的关系及其随时间演变的特性,从而把复杂、庞大、模糊的系统问题转换为形式规范、描述清晰的问题。

1.6.2 军事信息系统设计

系统设计是对系统分析阶段所提供的系统逻辑模型进行研究、分析与设计,建立新系统的物理模型的过程。可以说,系统分析阶段的任务是调查研究,了解情况,解决“做什么”的问题;系统设计阶段的主要任务是构建合适的方案,实施物理模型,解决“如何做”的问题。

军事信息系统设计是军事信息系统建设过程中的一个重要阶段。军事信息系统设计是在系统研制任务书所确定的建设规模和范围内,根据计划安排对现行系统的功能、作业数据、信息流程等进行全面的调查分析,在此基础上根据需求和可能提出新系统的功能,并进行逻辑描述,建立新系统的逻辑模型和整个系统的结构总框图,确定系统各组成部分(分系统或模块)间的相互关系,并对系统费用和效益等进行估算,提出新系统研制的总体实施计划。在系统设计时,一般只考虑系统的逻辑功能,而不考虑实现这些功能的技术手段和处理方式,即不研究如何做的问题。因此,系统设计的主要目标是进一步搞清现行系统的组织结构、任务范围、信息流程及环境条件等,深入了解用户需求及对新系统的使用要求,进而设计出新系统逻辑模型,编写系统设计说明书。军事信息系统设计方案的质量将直接影响整个军事信息系统的建设质量,因此必须请有关领域专家作进一步论证和评审。

具体来说,军事信息系统设计阶段的工作内容主要包括以下几个方面。

- 系统战术技术指标分析:包括战术和技术分系统的划分、系统的技术体制、系统的信息关系等内容。
- 系统的体系结构设计:包括系统和各分系统的体系结构、构成方法、布局、实施规划、系统主要设备配置等内容。
- 文件和数据库设计:对将要处理的信息(或数据)按科学管理的要求和战技指标进行分析,并在此基础上确定文件和数据库的结构、特征、组织管理方式等。
- 系统处理模块设计和实施方案:进一步整理和规范化系统分析的结果,制定出系统标准化大纲、研制进度安排、系统研制经费估算以及决策分析与效益评估等。

军事信息系统需求工程

随着信息化战争的作战需求和现代科技的发展，现代军事信息系统的性能日趋先进，构成日趋复杂，其研制、开发和建设的成本更加高昂。军事信息系统的建设已经由传统的技术主导型转变为需求主导型，需求上的任何偏差都直接关系到系统的军事效益、应用水平和生命力。面对庞大的军事信息系统，如何进行需求分析、采用何种体系结构技术、如何协调并设计综合集成方法、如何进行效能评价等，这些都是军事信息系统建设过程中要面对的问题。而解决这些问题的一项关键技术，就是军事需求工程技术。

军事需求工程是用工程化手段解决军事信息系统建设的有效性问题的。本章从军事信息系统需求、军事信息系统需求工程的基本概念入手，分析军事信息系统需求工程的目标和过程，并对军事信息系统需求获取、需求描述和建模、需求验证和需求管理进行详细阐述。

2.1 军事信息系统需求工程概述

2.1.1 军事信息系统需求的概念和特点

IEEE 1997 给出了需求的定义：(1) 用户解决问题或达到系统目标所需的条件；(2) 为满足一个协约、标准、规格或其他正式制定的文档、系统或系统构件所需要满足和具有的条件或能力；(3) 对上述条件或能力的文档化描述。

根据这一定义，考虑到军事需求是用户对军事信息系统的一种期望，本书从作战应用、用户、系统建设者三个角度阐述军事信息系统需求的定义：

- ① 为遂行军事行动或达到军事目标，用户应满足和具备的条件或能力。
- ② 为遂行军事行动或达到军事目标，用户要求军事信息系统应具备的条件或能力。
- ③ 为满足合同、标准、规范或其他正式文档，军事信息系统应具备的条件或能力。
- ④ 一种满足上面①、②、③所描述的条件或能力的文档说明。

可见，从作战应用角度来说，军事信息系统需求是“为遂行军事行动或达到军事目标”，强调作战任务、作战要素和作战行动，是高层次的概念或目标，通常通过作战概念视图和相

关文档描述和说明；从用户角度来说，军事信息系统需求强调军事信息系统协助用户完成什么军事任务或达到什么军事目标而进行的军事活动，可以通过用例图、作战节点、信息流、方案想定和脚本以及相关分析文档说明；从系统建设者角度来说，军事信息系统需求定义了系统必须实现的功能，如功能需求、业务需求、性能需求、用户需求及其他非功能需求，是军事信息系统开发过程中对系统的约束。

与一般的软件需求不同，军事信息系统需求面对的是战场和军事人员，需要综合考虑的因素很多，其主要特点如下。

（1）复杂性

军事信息系统需求的复杂性来自客观和主观两方面。从客观上说，军事信息系统需求涉及的是未来的战争形态，在专业领域上遍布指挥控制、军事通信、情报侦察、预警探测、定位导航和电子对抗等信息领域，还要考虑敌对环境、保密性等诸多问题，具有很强的预测性、模糊性和不确定性。从主观上说，“军事信息系统需求”是人们对军事信息系统的一种主观期望，军事信息系统需求开发需要军事指挥人员、系统使用人员、技术保障人员、研制主管部门、需求分析员、系统设计与实现人员以及系统测试与维护人员等参与，各类人员的职责和知识背景不同，对需求的认识最开始都是比较模糊和比较粗糙的，对应用领域问题的理解通常是不完整、不精确的，对需求的正确与否很难达成一致意见。

（2）易变性

军事需求是不稳定的需求。首先，武器装备和信息技术发展日新月异，很多情况下新技术和新装备推动着军事需求的变化。随着一大批新武器和新装备陆续装配部队，新的作战理论和作战样式也随之出现，按照现有技术体系和作战需求设计的系统，可能未交付使用就已经落后。其次，军事信息系统许多需求存在于用户的脑海中，用户对系统需求的认识都有一个由浅入深的过程，在项目开发过程中，一些疏漏的需求可能被发现，一些模棱两可的需求被进一步确认，从而对系统建设产生重大影响。最后，军事信息系统建设要基于国防与军队建设实际不断修订和推进，军事信息系统需求必然是构想式的、虚实结合的、滚动发展的。

（3）关联性

军事信息系统是“由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体”。系统是由多个元素（子系统、部件等）组成的，这些元素相互影响、相互作用、相互制约，它们之间存在内在联系。军事信息系统需求是用户对目标军事系统的功能、业务、性能、活动等方面的期望。因此，军事信息系统需求之间也存在内在的联系。

（4）层次性

军事信息系统需求的层次性主要体现在不同层次的用户所提供的需求层次也不同。一般而言，高级指挥员注重系统能完成的作战使命和任务，关注的是目标性需求；中级指挥员关注系统所具有的要素是否齐全，战术技术指标能否达到作战要求，与现行体制是否相适应；部门级指挥员最关心的是本部门行使的功能是否满足业务需要；操作使用人员关注系统的界面是否友好、操作是否便捷等。由于各个层次用户关心的内容不同，因此在需求获取过程中，要有针对性地选择用户进行沟通和交流，以期系统需求达到预期目标。

（5）多维性

军事信息系统需求涉及多个维度，主要表现为：从时间维度上看，包括远景设想、长远规划、中期实施计划以及年度计划中的需求；从军兵种维度上看，包括陆军、海军、空军、火箭军、战略支援部队等军兵种的需求；从业务维度上看，包括情报侦察、预警探测、军事

通信、电子对抗、指挥控制、火力打击、综合保障等业务需求。

军事信息系统需求的这些特性，导致军事信息系统需求分析过程中一系列问题的产生。

2.1.2 军事信息系统需求工程的概念和特点

为什么要引入军事信息系统需求工程的概念呢？回答这个问题，要从军事信息系统需求开发过程面临的问题入手。信息化战争出现以前，国防和军队建设主要从数量和质量两方面考虑，军事需求问题不太显著。信息化战争条件下，信息成为提升战斗力的主导，军事信息系统建设实施过程中的具体目标往往出现模糊性、不确定性、易变性，军事信息系统需求问题越来越突出，主要表现为：军事需求的相关概念不统一，军事需求获取困难，军事需求分析人员对需求的描述不统一，军事需求验证困难，缺乏有效的辅助工具支持等。

认真分析军事信息系统需求开发过程中存在的问题，不难发现，它们与软件领域 20 世纪 60 年代末出现“软件危机”的原因类似。当时，软件开发过程缺乏统一的理论、方法和标准规范，导致软件开发过程不规范、效率低、难管理，软件质量得不到保证。软件领域解决“软件危机”的办法是提出软件工程的思想，在软件开发过程中引入软件生命周期的思想和结构化的软件开发方法，规范了软件开发的流程，提高了软件开发产品的质量。

借鉴软件危机的解决思路，人们提出军事信息系统需求工程的设想，即按照工程化的原则和方法来开发、维护军事信息系统需求，以期提高军事信息系统需求开发的质量和效率。

1. 军事信息系统需求工程的概念

所谓“需求工程”，就是指“应用已证实有效的技术、方法进行需求分析，确定用户需求，帮助分析人员理解问题并定义目标系统的所有外部特征的一门学科”。

需求工程是随计算机的发展而发展的。由于系统规模的扩大，人们逐渐认识到需求分析与定义在整个系统开发过程中的重要性，20 世纪 80 年代中期，形成了软件工程的子领域——需求工程（Requirement Engineering, RE）。同时，该项技术在军事领域得到迅速推广和应用。

结合军事信息系统需求和需求工程的概念，军事信息系统需求工程可被定义为：以军事信息系统遂行的作战使命为牵引，以科学的开发理论为指导，运用有效的技术与方法，对待开发的军事信息系统进行需求分析，确定系统建设目标及用户需求，并用规范化文档形式进行描述，帮助军事信息系统分析人员理解问题和定义军事信息系统的所有外部特征的一门学科。它通过合适的工具和记号，系统地描述目标军事信息系统及其行为特征和相关约束，形成需求描述文档。

需求描述文档是军事信息系统需求工程的主要产品。一个完善的需求描述文档应满足以下基本特性：完整性、明确性、正确性、一致性、可验证性、可修改性、可跟踪性和层次性。

可见，军事信息系统需求工程是采用工程化手段解决军事信息系统建设的有效性问题的，不仅明确了军事信息系统的功能、行为特征及其约束，还精确描述了军事信息系统要素的关系及其随时间演变的特性，从而把复杂、庞大、模糊的系统问题转换为形式规范、描述清晰的问题，以便找出军事信息系统研制建设的解决方案。

2. 军事信息系统需求工程的特点

与军事信息系统需求的特点相比，军事信息系统需求工程的特点更具特殊性和复杂性，

主要表现在以下几方面。

(1) 需求分析的内容更加复杂

军事信息系统需求工程分析的内容贯穿军事业务、信息、系统和技术等多个方面。从军事业务角度来说,需要对军事信息系统所承担的使命任务、指挥体制、业务能力等方面的需求进行分析;从信息角度来说,需要对要军事信息系统中的信息标准、信息组织、信息交换、信息节点和信息传输方式等方面的需求进行分析;从系统角度来说,需要对军事信息系统的系统功能特性、系统性能指标、系统时序以及系统结构等方面的需求进行分析;从技术角度来说,战后要对军事信息系统需求开发过程中涉及的高新技术的发展以及标准等方面的需求进行论证。

(2) 建模手段更具多样性

由于军事信息系统需求开发涉及各军兵种、各业务部门,而且需求分析的内容覆盖范围广、层次多,因此,很难用一种建模手段对涉及的所有军事活动、节点、信息等元素及其相互之间的关系进行规范和描述,必须分别建立系统结构相关的需求、与系统行为相关的需求、与数据和内容相关的需求以及其他需求等相应需求的模型。

(3) 开发过程工程化

由于军事信息系统需求涉及的是未来的战争形态,有很强的不确定性,需求论证过程很难一步到位,必须经过随时间发展不断演变分析过程。首先,军事用户对军事信息系统的认知是在不断深化的,不可能一步到位地给出军事需求,军事需求工程人员往往不断涉足不同的领域,给出的军事需求也是不断变化的,军事用户、军事需求工程人员与系统设计人员需要反复沟通交流、不断明晰需求,直到达成一致意见;其次,每项军事信息系统的需求都要包含获取、描述和建模、验证、管理等步骤,最终形成军事信息系统建设的总需求;最后,军事信息系统的建设由于受到外部环境、保障任务、军事用户自身的意愿及技术发展等的影响,其需求也会发生变更,这就要求军事信息系统需求工程技术能适应这种变化,对需求变更进行分析和管理的,确保实现所有的需求。

总之,军事信息系统需求工程的内涵更加复杂,开发过程更加具体,所要求的开发技术也更加全面,这为军事信息系统需求工程的研究带来新的课题,我们必须不断补充和完善军事信息系统需求工程的理论体系和方法论,以期进一步提高军事信息系统需求获取、描述和建模、验证的效率和质量,进而保障军事信息系统满足现代化战争的作战需求。

2.1.3 军事信息系统需求工程的目标和过程

1. 军事信息系统需求工程目标

根据军事信息系统需求与军事信息系统需求工程的基本概念,可以分析归纳出军事信息系统需求工程的基本目标:通过有效的理论、方法与技术,对军事信息系统实施需求获取、需求描述和建模、需求验证、需求管理等环节,实现军事信息系统需求“可获取”“可描述”“可验证”“可实现”“可跟踪”。

- 可获取(Capturing):以有效合适的军事需求开发技术为基础,采用有效的方法策略,吸收军事需求工程各阶段人员的不同观点,获得完备、科学、可行的各类需求。
- 可描述(Specific):运用有效的需求描述和建模方法,科学地归纳、整理系统分析员收集的用户需求,形成规范、完整、详尽的系统需求描述文档。

- 可验证 (Measurable): 运用有效的需求评价方法和技术, 检验需求描述文档的合理性、一致性和相关性, 判断目标系统的需求能否满足其特性。
- 可实现 (Realizable): 运用有效的需求验证方法和技术, 分析所提出的军事需求在理论、技术和实践上具备的条件和基础, 验证军事需求是否可实现。
- 可跟踪 (Traceable): 以需求描述文档为基础, 运用有效的需求管理方法和技术, 对军事需求要素的变更进行跟踪和控制, 确保合理的需求要素来源可知、有据可查、关系可见、变更可控。

2. 军事信息系统需求工程过程

军事信息系统需求工程是用工程化阶段解决军事信息系统建设的目标问题, 它包含与获取、描述、验证和管理军事信息系统需求相关的所有活动。参考软件需求工程和其他系统需求工程研究成果对需求开发活动所划分的若干阶段, 以及军事信息系统的自身特点, 将军事信息系统需求工程过程划分为需求开发与需求管理两部分。其中, 需求开发包括需求获取、需求描述与建模、需求验证; 需求管理包括需求变更管理、需求版本管理和需求跟踪。其基本过程如图 2-1 所示。需求开发往往处于军事信息系统论证与分析阶段, 而需求管理则贯穿于整个军事信息系统的分析、设计、开发与建设过程中。

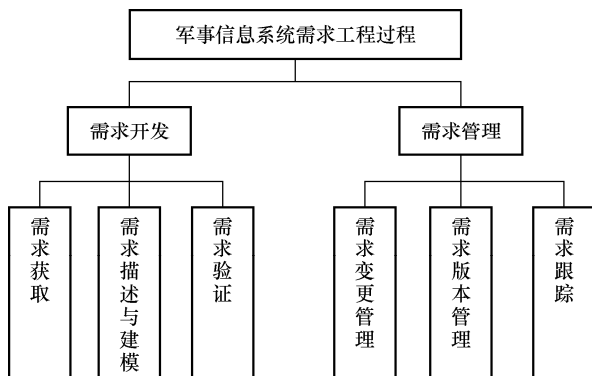


图 2-1 军事信息系统需求工程过程

军事信息系统需求工程过程与一般的软件需求工程过程基本类似, 划分为两大部分——需求开发和需求管理, 但是也有一些区别, 主要表现在以下两个方面。

(1) 一般的软件需求工程过程中, 需求开发包含需求获取、需求分析、需求描述和需求验证, 而军事信息系统需求工程过程中, 需求开发过程不包含需求分析。因为相对于一般的软件需求工程而言, 需求的描述采用需求规格说明书的形式, 而军事信息系统需求建模的粒度要大一些, 采用需求规格说明书进行需求建模不仅庞大、复杂, 而且不利于军事需求的验证。因此, 军事信息系统需求开发过程采用图形描述和建模的方式, 该过程同样具备软件需求分析过程的功能。

(2) 相对于一般的软件需求工程过程, 在军事信息系统需求工程过程中, 需求管理特别强调需求变更影响分析这一过程。这是因为军事信息系统的需求复杂, 影响系统建设的因素很多, 需求变更影响的层面更多、更复杂。特别是军事信息系统的建设目的是服务于作战, 而作战效果是系统建设成败的关键, 而且作战应用的时效性要求很强, 因此, 军事信息系统需求的变更影响分析必须考虑这些因素。

此外，军事信息系统需求工程中的每个过程的含义、所采用方法和工具与软件需求工程相应过程存在较大的差别。相关内容在后面章节将详细介绍。

2.2 军事信息系统需求获取

需求获取 (Requirement Elicitation) 又称需求收集 (Gathering) 或需求捕获 (Capturing)，是确定和理解军事信息系统需求开发过程中不同用户的需求和限制信息收集过程。需求获取是军事信息系统需求开发中最困难、最关键、最易出错的环节。

军事信息系统需求获取是军事信息系统的分析设计和建设方案之间架设桥梁的第一步，是一项高度合作的活动。对军事信息系统需求来说，需求获取的来源有军队各级指挥人员、系统领域专家以及系统操作员等军队用户、相关技术标准和法规、原有系统或原型系统及相关文档。获取军事需求的重要结果是对系统中描述的军事业务、系统、信息和技术需求的理解，只有理解了需求，分析者、开发者和军事用户才能探索出描述这些需求的解决方案。

2.2.1 需求获取的基本方法

解决问题的最好办法是调查研究。要了解用户需求，就要进行大量的调查研究。调查研究是需求获取的基础工作之一，其中包括对系统的理解、与用户的沟通和交流、材料的收集等。目前，军事信息系统需求获取的基本方法有以下几种。

(1) 访谈法

访谈 (又叫会谈)，是一种集中收集用户需求的方法。访谈是指开发组成员和用户方的成员就将要开发的系统进行面对面的交流，通常采用边问边答的方式进行。访谈前，开发方应该事先做好充分准备，整理出必须要问的一些重要问题，并与用户协商，安排好访谈日程，确定访谈人员。访谈之后，需求分析员应该简短总结访谈要点，尽快整理访谈纪要，并将整理出的访谈纪要呈送给开发方的相关人员，以便开发方相关人员对本次访谈的结果提出意见。访谈纪要主要有两种形式：手工笔记和录音 (或录像)。一般的访谈只需手工记录访谈的主要内容，只有对于比较重要的访谈才会进行现场录音。但无论是笔记还是录音，都需要访谈人员对访谈记录签字。最后，需求分析员收集各领域军事用户的意见，对无法达成一致的问题再次组织访谈进行解决，最终形成需求描述文档。

访谈法的优点是访谈双方都很积极主动，如果组织得好，访谈效果会立竿见影。

(2) 问卷调查法

问卷调查法是事先准备好问卷，将问卷呈送给多个用户进行收集信息的有效方法。调查问卷的内容和形式一般需要经过精心的设计，涵盖大部分关心问题的同时，尽量避免开放式问题。

问卷调查法一般在下列情况使用：

- 需要调查的人员特别多时，如需要调查某数字化师所有官兵。
- 参与开发的技术人员和军事用户清楚大部分需求，需要调查容易确定的细节性问题。

问卷调查法的优点是用户有充足的时间对问题进行思考，得到的调查结果比较准确。当然，这种方式也有不足，由于调查问卷是事先做好的，设计的问题可能不够完善，会影响调查效果的准确性。

(3) 用例法

Ivar Jacobson 在 1992 年提出了一种用例(Use Case)驱动的面向对象的软件工程(OOSE)。可见，用例来源于面向对象的开发环境。但用例是一种在开发新系统或者软件改造时捕获潜在需求的技术，同样适用具有很多开发方法的项目。用例一般是由系统开发者和最终用户共同创作的，每个用例提供一个或多个场景，该场景揭示了系统与最终用户或其他系统交互的内容，从而获得一个明确的业务目标。

与用例密切相关的几个概念：

① 用例图(Use Case Diagram)。用例图是描述从系统用户的角度看到的或需要的系统功能，是需求开发阶段描述用户功能性需求的强大工具。用例图是建立系统其他视图的核心和基础，其他视图的构造依赖用例图描述的内容。通常一个用例模型由若干个用例图描述。用例图基本的模型元素包括用例(Use Case)和使用者(Actor)，用例图主要描述使用者、用例和用例间的关系。用例图中的主要模型元素及其表示符号如图 2-2 所示。

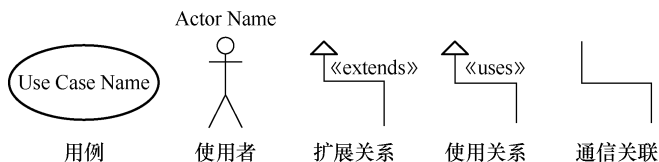


图 2-2 用例图的模型元素及其表示符号

② 使用者(Actor)。使用者是指用户在与系统交互时充当的作用。对每一个使用者来说，都要使用系统的某项功能。每个使用者有一个名字，使用者名字反映了使用者的身份和行为，通常采用名词或名词性词组来命名，如“某电子对抗群”。使用者是启动系统用例的前提条件，一个使用者一定会直接或间接命令系统执行一个或多个用例。因此，识别和分析用例时，要针对每个使用者逐个进行。

③ 用例(Use Case)。用例是指从系统外部各个使用者的角度观察，系统应支持哪些功能。也可以说，用例是对系统功能的宏观描述，是一系列动作(Action)的集合。每个用例都有一个名字，常用动词或动词词组来命名，例如“下达作战命令”。用例的名字反映用例实际要执行的功能。找出用例最简单的办法是与典型用户交谈，请他们讲出希望系统做些什么事情、能够为他们提供哪些服务。

④ 用例关系。用例间主要有扩展(Extends)和使用(Uses)两种关系。如果用例 A 是在用例 B 的基础上增加了一些新的动作，则称用例 A 是用例 B 的扩展用例，即 A 和 B 间构成扩展关系。如果用例 A 使用了用例 B 所提供的功能，则称用例 A 使用了用例 B，即 A 和 B 间构成使用关系。通常在描述一般行为的变化时采用扩展关系；在两个或更多的用例中出现重复描述而又想避免时，采用使用关系。通过引入扩展和使用关系，可以使系统的功能层析结构更加清晰、直观，同时有效减少不必要的重复工作，便于系统的扩展。

图 2-3 是目标情报整编功能的部分用例的示例。

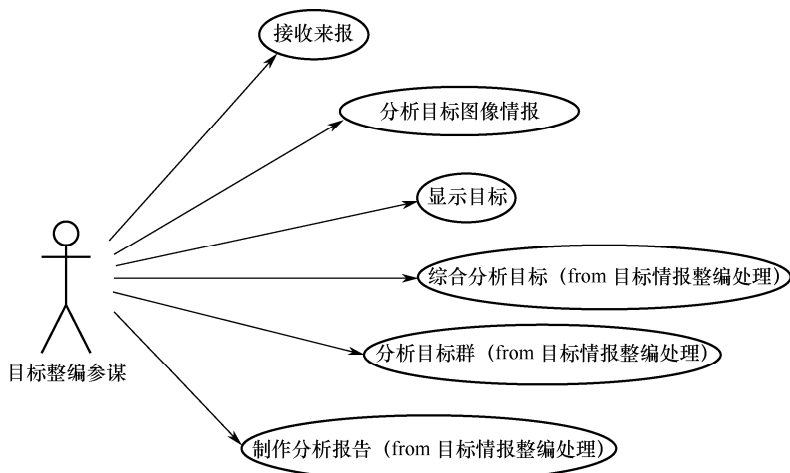


图 2-3 目标情报整编处理功能的部分用例

用例法适用于目标明确、需要响应客观事件的系统。当结果模糊、不可定义或者有二义性时，不能使用用例法来获取需求。用例模型可以用很多方式来描述，比如自然语言、形式化语言或者各种图形。近年来，用例与许多建模技术（如 UML）结合，同时，许多建模工具软件（如 Rational Rose）提供了图形化的用例描述方法来捕获用户需求。

（4）快速原型法

快速原型法是迅速地以少量代价构造能够展示目标系统关键功能的、可执行的目标系统模型的过程。该原型要表达出目标系统的功能和行为特性，但不一定符合其全部的实现需求。因此，快速原型法适合在需求不明确的情况下收集用户需求。一般而言，待开发的军事信息系统规模庞大、构成复杂、应用方式多变、建设周期长，系统开发人员获得系统的可执行版本之前，很难发现系统潜在的设计缺陷。通过设计人员和原型进行交互，可以很快发现设计的可行性，而不必把精力放在一个有问题缺陷的系统上。

采用快速原型法获取军事信息系统需求的优势在于：快速原型法将传统的系统调查、系统分析和系统设计合二为一，各级各类军事人员能很快体验和试用原型系统，及早发现问题和反馈意见，降低军事信息系统开发和建设的风险。

采用快速原型法进行军事信息系统需求获取的基本过程分为以下几个阶段。

① 确定原型的基本需求。系统开发人员了解各级军事用户对军事信息系统的基本需求，如应用范围、一些基本功能、基础数据、估计成本、人机交互界面的基本形式等。当然，这些基本需求不一定是完整的，也可能存在缺陷，但这些都后面几个阶段的工作中是可以被发现和改正的。

② 快速构造原型。在对目标系统有基本了解的基础上，系统开发人员快速编写可执行程序，建立完成基本功能的可执行模型系统。由于要求速度快，系统的健壮性、安全性、异常处理等细节性问题可以暂时不考虑。这一阶段应该尽量使用一些原型构造辅助工具，如高级语言、数据库管理系统、会话定义系统、解释性规划语言及符号执行系统、应用生成系统等。

③ 使用和评估原型。这是整个开发过程的关键。相关军事用户在开发人员的指导下使用

原型,来判定原型是否满足基本功能,同时提出修改意见。在这个阶段,军事用户是主角。军事用户通过使用原型系统,了解自己的真正需求,进一步发现系统存在的问题,完成对原型系统的评估。

④ 完善原型并完成需求文档。开发人员根据军事用户的修改意见对原型系统进行修改、扩充和完善,最终形成满足各级军事用户的需求的原型。与此同时,整理相关资料,完成军事信息系统的需求文档。

图 2-4 列出了快速原型法获取军事信息系统需求的工作过程。

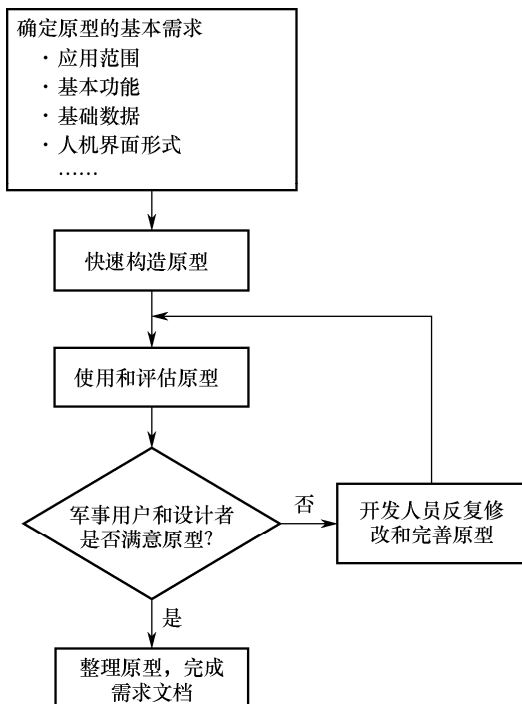


图 2-4 快速原型法获取军事信息系统需求的工作过程

采用快速原型法,可以尽早获得更完整、更明确的需求和设计,可以通过改进原型得到目标系统。一般而言,实现快速原型的途径有两种:一种是丢弃式原型方法,它仅粗略展示需求,当需求获取完成时就会被丢弃,适用于需求不确定、存在二义性或者模糊性的情况;第二种是演化型原型方法,它是在获取需求后仍保留并被用来产生最终产品,适用于需求明确的情况。无论采用哪种系统原型,快速原型法都是获取潜在需求的一种有效方式。

2.2.2 用户主导的军事信息系统需求获取方法

传统的军事信息系统需求获取与分析过程,主要实现思想是一种“问答式”机制,在需求获取阶段,主要由系统分析员采用访谈法、资料查阅法等手段采集需求,需求开发后面阶段主要由技术人员完成需求文档的整理(如图 2-5 所示)。需求分析的质量主要取决于系统分析员对用户领域知识的理解深度和正确程度。

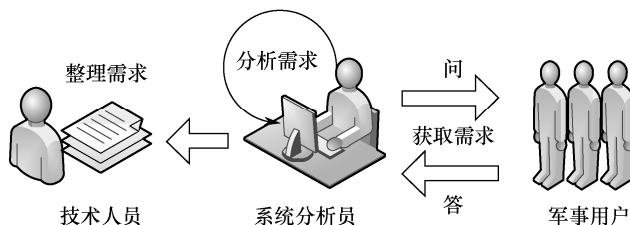


图 2-5 传统的问答式军事信息系统需求获取与分析过程

与传统的问答式军事信息系统需求开发方法相比较，用户主导的军事信息系统需求开发方法的基本实现思想是“用户主导，多领域互动，责任分工，均衡集成”，注重发挥军事信息系统需求工程各阶段人员的能动性，尤其是强调最终用户（军事用户）的有效参与并承担相应的工作，以用户为主进行领域活动、过程、关系、功能、性能、能力等分析，确定功能和功能性需求，吸收他们基于不同领域、学科和不同视角的观点（如图 2-6 所示），其需求分析的质量是由多用户和多领域专家集体讨论确定的。

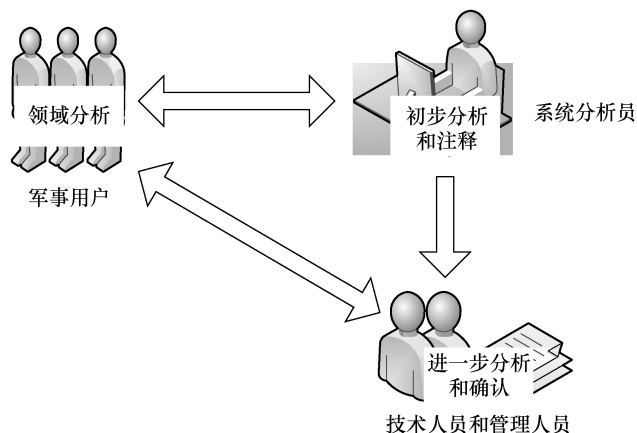


图 2-6 用户主导的军事信息系统需求分析过程

用户主导的军事信息系统需求获取与分析方法的主要实现思想包括以下三方面的内容。

（1）需求获取目标清晰化

需求开发过程中始终与军事用户保持密切的工作协作关系，强调最终用户的有效参与，取得与用户的共识。针对特定领域知识背景，在有效方法（工具）支持下，使最终用户运用本领域的概念来建立领域活动模型，分析军事信息系统领域，讨论自己对目标系统的要求，使军事信息系统的开发建立在可靠的基础上。

（2）系统分析员全程引导和统筹

作为军事信息系统需求分析的主持者——系统分析员，要对需求开发的全过程进行跟踪和调控，主动学习领域知识，参与军事用户使用军事概念和术语进行领域分析（主要包括领域活动建模、过程分析、指挥关系分析、使命任务分析等内容）；在此基础上讨论、定义和分析需求。总之，用户领域分析所得的结果是我向技术领域“演变”的前提和基本资源，其中某此数据资源可直接用于技术领域。

(3) 多领域用户协同分析

军事信息系统是一个多用户、多功能的大型复杂系统，需求开发的每一阶段都是由不同领域用户共同交互进行的。一方面，某一类领域用户对系统的了解是局部的，提供的需求可能是不完整的，需要把多领域用户的需求进行集成；另一方面，不同领域的用户对同一需求的认可度不同，需要领域间的互动、协调与沟通。因此，为了确保需求的准确性和可行性，应该协调多领域多用户进行需求分析，采取会议或网络应用软件工具支持等方法，使需求分析多视角化。

2.2.3 场景驱动的军事信息系统需求获取方法

场景驱动（Scenario-Driven）的需求获取方法是近几年兴起的较有应用前景的需求获取方法。这种方法试图用领域用户所设想和期待的目标系统来理解、分析和描述系统。场景（Scenario）是由一些智能体（Agent，包括外部用户、外界激励和外部的一些功能实体）来初始化的，包括事件和改变系统状态或触发新事件的特定激励。场景驱动的需求获取方法一般包括场景的获取、表示、验证、原型化等过程。它首先采集一组现实系统的运行场景，然后让军事领域用户根据这些场景分别说明现实系统中的各种行为、约束及其目的，逐步建立系统需求目标树。

1. 系统运行场景和典型场景的概念

系统运行场景是指外部可见的系统行为，也可以看作是详细的系统功能需求。场景驱动的需求开发方法试图用领域用户熟悉的场景引导他们逐步提供系统信息。

系统运行场景描述的是军事人员使用系统完成具体任务的过程以及过程中与系统之间的交互。对于军事信息系统需求开发而言，首先得到的是作战部队的使命任务即宏观任务，需求获取方法则是对宏观军事任务反复分解，直至获得明确的具体任务，再对具体任务进行分析。军事任务、军事人员、军事信息系统和系统运行场景之间的关系如图 2-7 所示。

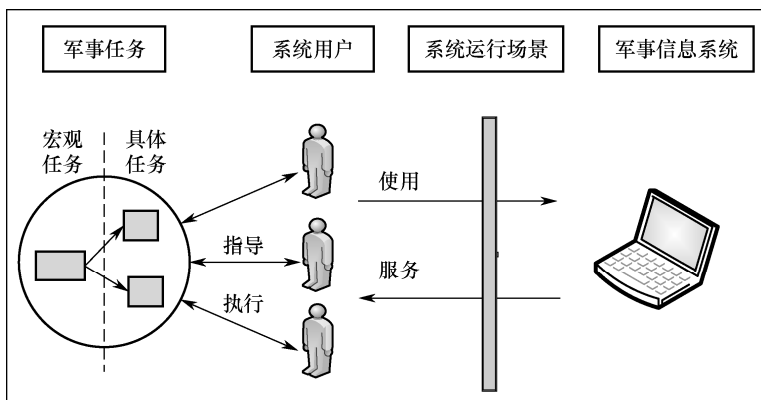


图 2-7 系统运行场景的来源

从用户调研中获得的任务集通常都包含很多不必要的信息，主要表现为具有冗余性和相关性。冗余性主要表现为初始任务集同时包含了某项任务和它的子任务；相关性主要表现为任务相互间有明显的依赖关系。在建立典型场景之前，应尽可能对初始任务集进行去

冗余操作和去相关性操作，获得典型任务集，以期提高需求开发人员从场景获取需求的效率，减少冲突的可能性。我们将描述用户执行典型任务时与系统发生的交互关系的场景称为系统典型运行场景。

2. 系统典型运行场景的描述

初始任务集经过过去冗余、去相关后，得到系统典型运行场景的内容，接下来就要对系统典型运行场景进行形式化描述。建立典型运行场景描述的过程可分为两个阶段：用户行为的描述和系统场景的描述。

(1) 用户行为的描述

用户行为可以用活动图来描述，UML 提供了用例图、静态图、行为图、交互图和实现图五类图形。活动图是行为图的一种，它描述满足用例要求所要进行的活动以及活动间的约束关系，活动图可用来识别并发活动。

以某数字化机步师电子对抗信息系统建设中的任务“某电子对抗群实施侦察干扰行动”为例，介绍军事需求开发中建立 UML 活动图的过程。调研中用户可能会提供描述用户活动的流程图，如图 2-8 所示。

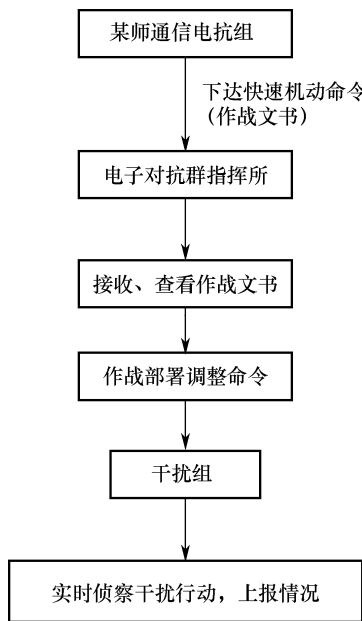


图 2-8 电子对抗群实施侦察干扰行动流程

分析用户提供的业务流程，可知参与任务执行的执行者包括某师通信电抗组、电子对抗群指挥所和干扰组。作战单位完成这个任务的活动有：某师通信电抗组向电子对抗群指挥所下达快速机动作战命令（作战文书），电子对抗群指挥所接收作战文书，根据干扰组上报的位置信息、技术状态和工作参数等，编制作战部署调整命令并下达给干扰组执行，干扰组收到侦察指示之后实施干扰侦察行动，并将情况上报给电子对抗群指挥所。

这是一个顺序执行的过程，整个活动中有三个对象参与，因此，建立的顺序图模型应该是包含三个泳道、一个起点、一个终点的顺序关系顺序图（如图 2-9 所示）。

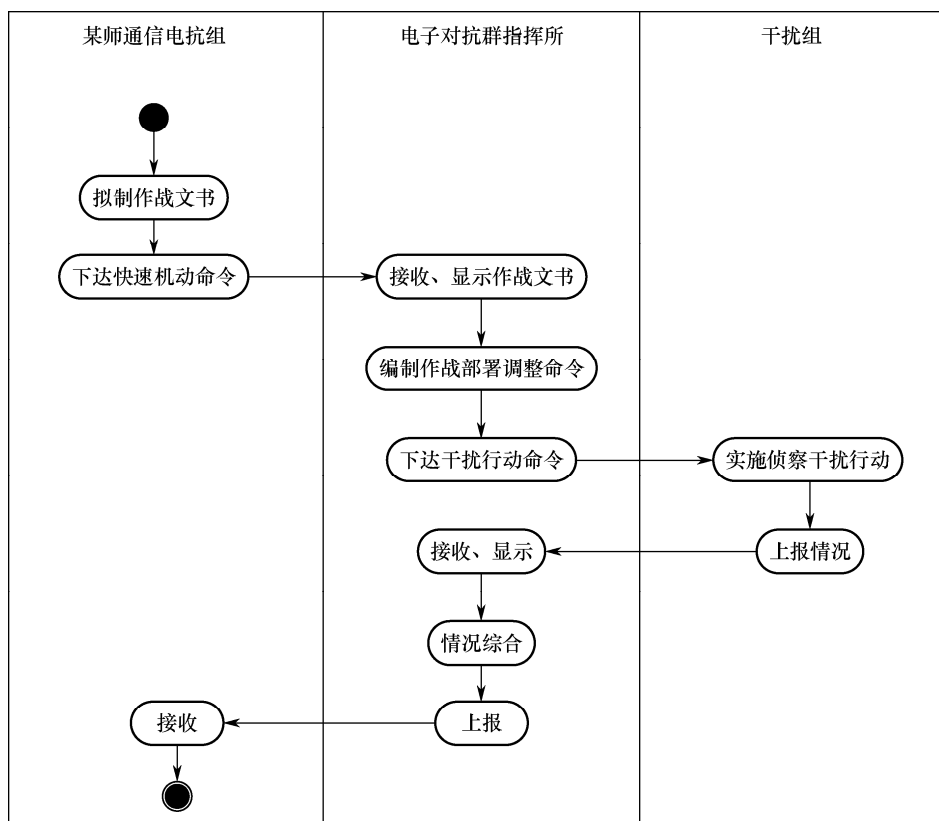


图 2-9 实施侦察干扰行动的活动图

(2) 系统场景的描述

建立活动图模型之后, 需要进一步分析用户与系统之间的具有时序特性的交互关系, 建立描述用户和目标系统之间交互的顺序图。

以“某电子对抗群实施侦察干扰行动”活动为例, 描述该活动的顺序图中参与交互的对象有某师通信电抗组、电子对抗群指挥所、干扰组、系统客户端、系统服务器。其中, 前三个对象属于用户类对象, 后两个属于系统功能部件类对象 (如图 2-10 所示)。

某师通信电抗组下达作战文书之前要拟制作战命令, 通过客户端提供的相应功能, 将拟制的快速行动命令输入客户端, 客户端通过网络将作战命令提交给服务器; 当电子对抗群指挥所的用户登录后, 系统客户端从服务器的文电服务提取作战文书, 并显示给用户; 电子对抗群指挥所综合干扰组上报的位置、技术状态等参数信息对作战文书进行整编; 形成作战部署调整命令, 通过服务器的文电服务并将其下达给干扰组, 干扰组的用户登录系统后, 按照作战命令实施侦察干扰行动, 之后通过服务器的文电服务将战场情况上报给电子对抗群指挥所, 电子对抗群指挥所对战场情况进行汇总和综合之后, 通过服务器的文电服务将情况上报给某师通信电抗组。

为了方便获取用户需求, 在建立顺序图模型时, 将用户类系统和系统功能部件类系统分别放在顺序图的左右两侧, 在中间画一条竖线——用户-系统分割线。这样, 能够看清楚所有用户与系统之间的交互情况。

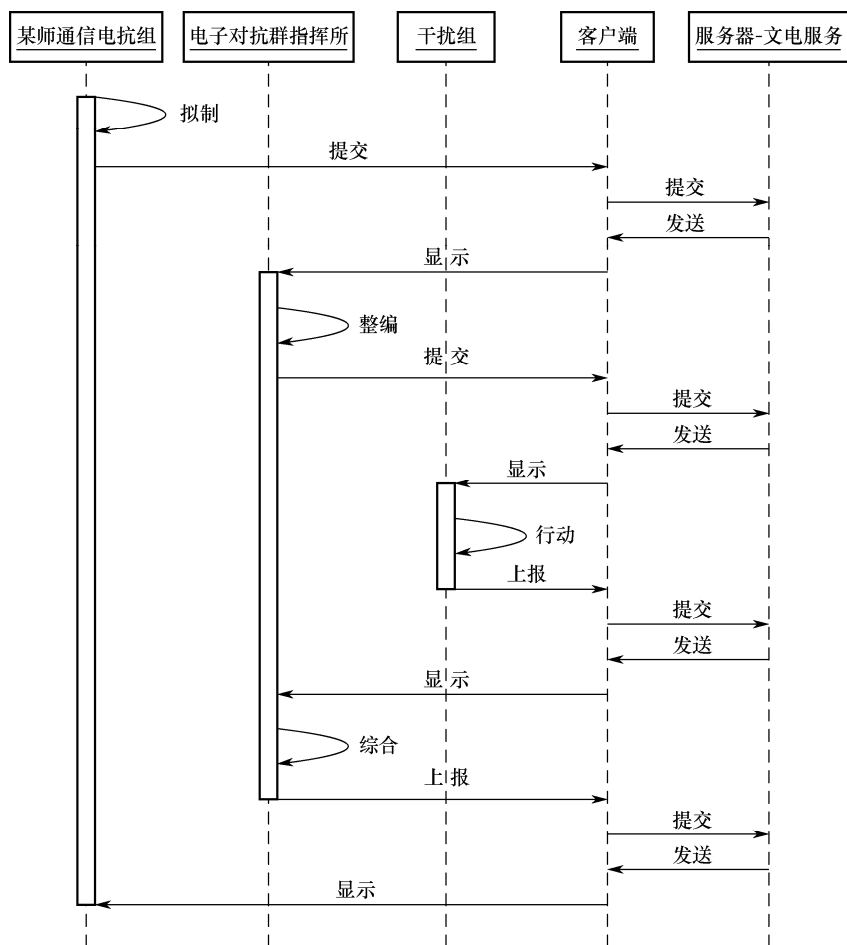


图 2-10 实时侦察干扰行动的顺序图

2.3 军事信息系统需求描述与建模

军事信息系统需求工程的主要工作之一，是“通过合适的工具和记号，系统地描述待开发系统及其行为特征和相关约束，形成需求文档”，即通常所说的需求规格。军事信息系统需求工程研究的核心是关于需求规格描述方法和技术的研究。我们将需求文档的形成过程称为军事信息系统需求的描述与建模过程。

在软件需求工程中，需求描述往往是系统分析员收集用户需求后，将其整理成规范的形式，建立系统的需求规格说明，在此基础上，设计人员设计出满足最终用户要求的产品。在军事信息系统需求工程中，需求描述和建模主要是对军事应用中涉及的军事活动、节点和信息等元素及其相互之间的关系等进行规范，贯穿整个需求开发过程。

具体来讲，军事信息系统需求描述是将需求获取阶段的各种原始需求文档进行归纳、整理、分析，以比较规范、形象、系统的方式描述需求，形成规范的需求描述文档。而军事信息系统需求建模是以需求内容模型为基础，从作战活动分析入手，将各类需求用物理或数学

的方法进行组织、描述，最终以需求产品的形式形成军事信息系统需求的描述文档，为系统的军事用户、操作人员和开发人员提供一致的理解奠定基础。军事信息系统需求描述与建模的好坏，关系到整个系统建设的成败。

2.3.1 军事信息系统需求描述体系框架

在军事信息系统需求描述过程中，与系统应用相对应的角色有军事用户、系统分析员、技术人员三类人员，他们通常从不同视角关注军事信息系统需求：军事人员视角是指军事用户从作战应用角度出发，关注目标军事信息系统应具备的作战能力或必须达到的军事目标，并用军事术语（如作战使命任务、指挥体制、业务活动、信息分布等）对需求要素进行描述；系统分析员视角是指系统分析员从系统设计角度出发，关注目标军事系统的功能和结构，通常对军事信息系统的系统结构、系统功能、系统时序等需求要素进行描述；技术人员视角是指技术人员从技术实现角度出发，关注目标系统的实现技术。技术人员通常用技术术语（如遥感技术、制导技术等）描述军事信息系统需求，对技术资源支持程度提出具体要求，并预测未来技术发展趋势。图 2-11 列出了军事信息系统三维视角需求描述。

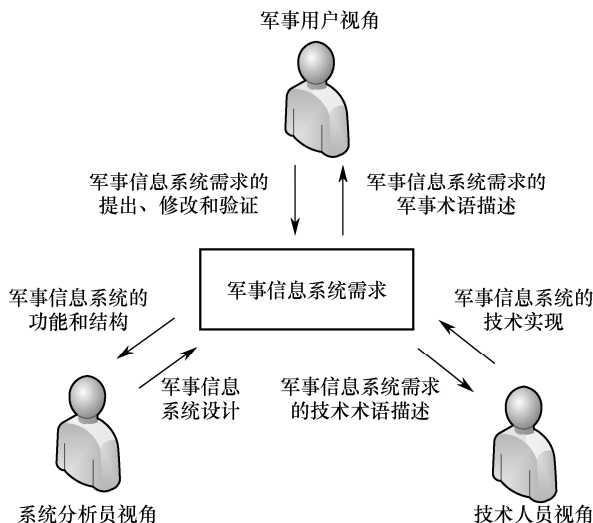


图 2-11 军事信息系统三维视角需求描述

由于不同人员对目标系统有不同的需求视角，而不同的需求要素间相互联系、相互作用，从军事信息系统优化的角度，借鉴基于多视图的需求工程方法学对军事信息系统的需求进行整合和描述。基于多视图的需求工程方法学最早出现在分布式软件需求工程领域，它的基本思想是“分而治之”，从不同人员对研究对象不同关注点的认识出发，将一个复杂问题分解为许多相对独立的小问题，通过建立这些小问题及其相互关系的模型来分析和设计对象。基于多视图的需求工程方法学既能较方便地反映各类相关人员的需求，又易于形成对目标系统需求的整体描述。目前，复杂信息系统的体系结构框架大多基于多视图的需求工程方法学。

军事信息系统需求描述体系框架用于规范和统一军事信息系统军事需求开发的内容，为军事信息系统军事需求的获取、描述、建模和整合提供一个共同的基准。该体系框架从军事用户、系统分析员以及技术人员三个视角入手，将军事信息系统军事需求分为作战需求、系统需求和管理需求，构建包含作战需求视图、系统需求视图和管理需求视图的需求描述体系

框架。为深入细致地描述每类视图所包含的需求，该体系框架中的每类视图都包含了一系列需求产品。需求产品是指在需求描述过程中形成的图形、文字、表格等项目。每个需求产品代表视图中的一个关注点，每个视图采用一系列的需求产品进行描述，整个军事信息系统需求描述体系框架包含 15 种需求产品，而每个需求产品的描述模型不尽相同。由于相同的需求要素往往出现在多个需求模型中，因此这些需求模型间是存在关联的。基于多视图的军事信息系统需求描述体系框架如图 2-12 所示。

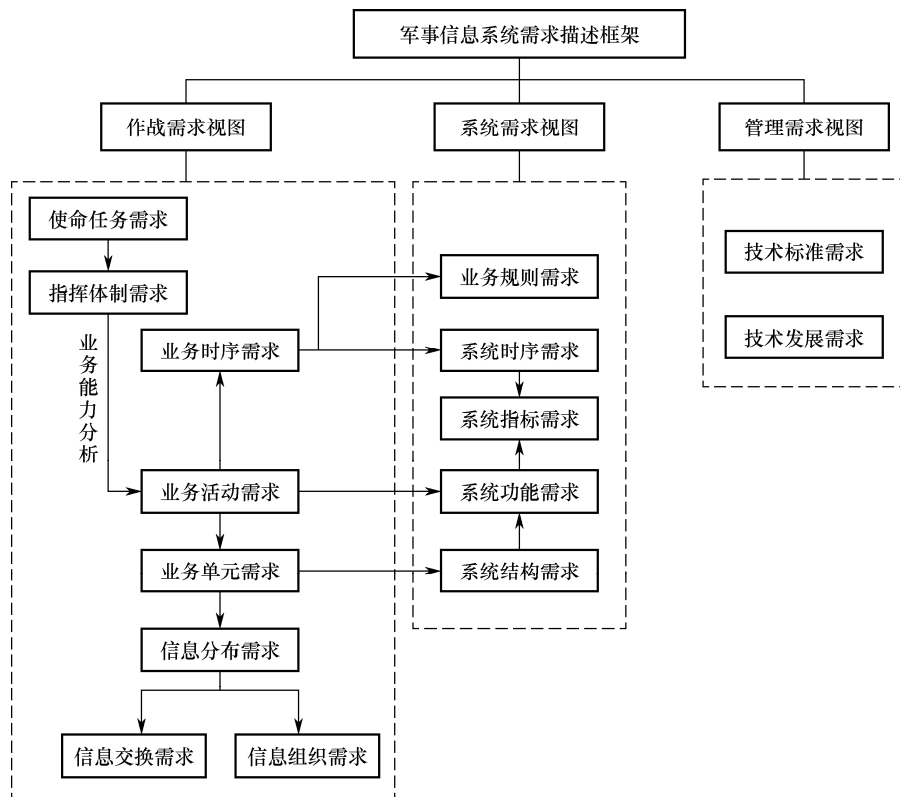


图 2-12 基于多视图的军事信息系统需求描述体系框架

如图 2-12 所示，基于多视图的军事信息系统需求描述体系框架中的三个视图以及视图中的需求产品具有严密而复杂的逻辑关系，彼此间相互影响、相互制约。

作战需求视图主要描述为完成军事使命而需担负的作战任务、面对的作战对象、实施的作战活动、作战信息的分布以及它们之间的关系等信息。作战需求视图包括八个需求产品：使命任务需求、指挥体制需求、业务活动需求、业务时序需求、业务单元需求、信息分布需求、信息交换需求和信息组织需求。首先，依据军事信息系统要履行的作战使命，建立使命任务需求模型，在此基础上建立指挥体制需求模型，明确系统所需支持的编成关系、隶属关系、指挥关系和协同关系等内容；再进行业务能力分析，建立业务活动需求模型，并分析执行业务活动的业务单元、业务时序等内容，建立业务单元需求模型和业务时序需求模型。在系统作战需求模型建立过程中，信息分布的需求模型也逐步建立起来，包括信息交换需求和信息组织需求。

系统需求视图主要描述为有效地支持作战使命、任务和作战活动的完成，目标军事信息

系统应具备的系统特征或必须达到的物理条件。系统需求视图主要包含五个需求产品：业务规则需求、系统时序需求、系统功能需求、系统指标需求和系统结构需求。需求产品之间的关系为：根据业务活动执行单元的分析，构建系统结构需求模型，进而明确系统功能需求模型；当业务活动理清后，就可以构建业务时序需求模型，这是建立业务规则需求模型和系统时序需求模型的基础。最后，根据系统时序需求模型和系统功能需求模型，构建起系统指标需求模型。

管理需求视图描述军事信息系统开发和建设过程中在技术和维护等管理方面的需求，包括采用的技术标准、技术发展等方面的描述。管理需求视图主要包括两个需求产品：技术标准要求和技术发展要求。技术标准需求和技术发展需求是两个相对独立的需求模型。

当然，军事信息系统需求描述体系框架不是一成不变的，这种体系框架更适合多军兵种、多部门联合应用的军事信息系统；而针对单一兵种或部门所开发的军事信息系统，其需求描述体系框架中的需求产品可以简略。

2.3.2 军事信息系统需求建模方法

一个好的系统开发过程包括需求获取、需求分析、系统设计、系统实现、系统测试几个阶段，整个过程是不断迭代和递增的。军事信息系统开发过程中，构建军事信息系统需求描述模型是需求开发的开端。建立需求描述模型能保证快速有效地开发出目标系统。需求描述模型的好与坏，直接关系到系统开发的成败。而需求建模方法的选择，对需求分析又起着关键的作用，不同的需求建模方法有自己的特点及应用环境。

根据军事信息系统需求描述体系框架，可以从作战需求、系统需求和管理需求三个方面构建系统需求模型，这三个方面的需求可以概括为四类：系统结构需求、系统行为需求、系统数据和内容需求以及其他需求。

(1) 系统结构需求

系统结构需求主要描述系统完成作战使命任务时对组织结构、物理结构和信息结构的要求，主要包括业务单元需求、指挥体制需求、信息分布需求和系统结构需求。目前，没有成熟的系统结构需求建模方法，常采用组织结构图、接口关系图等基于图论的方法。

(2) 系统行为需求

系统行为需求主要描述系统支持下所要完成的各种业务活动、系统业务之间的时序、业务实施过程中遵循的规则、业务执行中的信息交换以及它们之间的关系等信息等。主要包括业务活动需求、信息交换需求、业务规则需求、系统时序需求、系统功能需求和业务时序需求。用于行为需求建模的方法比较多，常见的有基于 IDEF0 的功能建模方法、基于数据流图的建模方法、基于事件的需求建模方法等。

(3) 系统数据和内容需求

数据和内容需求主要描述系统支持下所要完成的使命任务、活动执行时所交换的信息以及系统正常运行所需的各种数据的组成。主要包括使命任务需求和信息组织需求。常用的数据和内容建模方法有概念图、ER 图、IDEF1X 方法、基于本体的需求建模方法等。

(4) 其他需求

其他需求主要包括系统指标需求、技术标准需求和技术发展需求。这些需求是对系统非功能属性的要求，一般采用文字、表格或简单的示意图进行描述。

上述需求建模方法分别适用于不同类型的需求，还有一种建模方法可用于上述四类需

求的建模，它是一种面向对象的建模方法——基于 UML 的需求建模方法，在后面章节会详细介绍。

2.3.2.1 面向过程的需求建模方法

随着系统集成理论研究和工程实践的深入，过程管理和过程控制在复杂信息系统中扮演了越来越重要的角色。过程建模技术是一种组织和描述系统处理、输入、输出和数据存储的技术。通过过程建模，可以更好地理解现行的系统，更好地定义新系统的需求和设计。

面向过程的建模方法强调基本功能的聚集及耦合原则，一般采用自顶向下、逐层分解的系统分析方法来定义系统的需求模型。目前，最常用的面向过程的需求建模方法有基于 IDEF0 图的功能需求建模方法、基于数据流图的需求建模方法等。

1. 基于 IDEF0 图的功能需求建模方法

IDEF (ICAM DEFinition method) 是在美国空军集成计算机辅助制造 (ICAM) 项目基础上建立起来的，只包含 3 种方法：功能建模 (IDEF0)、信息建模 (IDEF1) 和动态建模 (IDEF2)。其中，基于 IDEF0 图的需求建模方法常用于业务活动需求的功能建模。

IDEF0 是一种很好的分析和逻辑设计的方法，通常在系统开发初期建立 IDEF0 模型。IDEF0 建模是通过一系列图形符号来表示一项活动所需要的具体步骤、操作、数据要素以及各项具体活动间的联系。将系统中的所有活动以及各个活动之间的关系相互连接起来，就构成对系统的完整描述。

通常情况下，IDEF0 建模方法使用以下几种建模元素。

(1) 活动 (Activity)

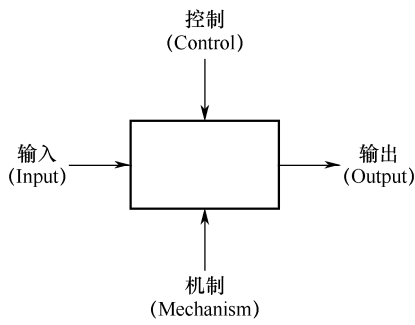
活动，有时也称为功能，对输入进行处理或转换，并产生输出。由于 IDEF0 模型是层次化的活动集合，所以要定义的第一个活动是描述系统本身的活动——上下文活动，以确定系统的边界和功能概貌，用一个方框 (Box) 来表示，通常使用动词短语描述活动特性，标注在方框的内部，并且在方框的右下角写上编号。然后，按照结构化自顶向下、逐步求精的分析原则，对初始图形中所包含的各个初始部分进行逐步分解，最终得到的图形细致到足以描述整个系统的功能为止。

(2) 箭头 (Arrow)

箭头，有时又称为边界和界面。完整的活动描述还要包括活动作为输出所产生的对象的描述，以及活动所消耗或转换的那些对象的描述。IDEF0 用连到盒子上的箭头 (Arrow) 表示活动产生或所需的数据约束，但不标明顺序和时间，一般用名词短语标注在箭头旁边。一个活动的输出可以是另外一个活动的输入或控制。箭头可以是联合，以表示多个活动产生同一类数据。

在 IDEF0 模型中，除了输入、输出信息，还包括控制 (Control) 信息和机制 (Mechanism) 信息。ICOM 码是 IDEF0 图表中所有信息分类的首字母缩写，表示四类箭头：输入 (Input)、控制 (Control)、输出 (Output) 和机制 (Mechanism)。输入 (Input) 是完成活动所需的资源，一般置于方框的左侧；控制 (Control) 是活动所需的条件限制，活动对控制本身不进行转换，一般置于方框的上方；输出 (Output) 是活动处理或修正后的产出，一般置于方框的右侧；机制 (Mechanism) 是完成活动所需的工具，包括人员、设施及装备等，活动对机制本身也不进行转换，一般置于方框的下方。由于方框和箭头是 IDEF0 模型最基本的图形元素，图 2-13

列出了 IDEF0 模型方法的基本模型描述图。



(3) 结点号

由于 IDEF0 模型是经过自上而下的逐层分解，其递阶关系可以表示为一组层次化的树状结构，如图 2-14 所示。每一层次表示相同级别的各种功能活动，一般用结点号来表示活动所在层次中的位置，结点号是按照递阶关系逐层推导出来的。最顶层的图形称为 A_0 图，在 A_0 图的上层用一个方框来表示系统的内外关系，编号为 A-O。从概念上来说， A_0 和 A-O 都是顶层。事实上，每个结点如果继续分解，就对应一张下一层的 IDEF0 图，如此经过多次分解，就能得到整个系统的功能模型图。

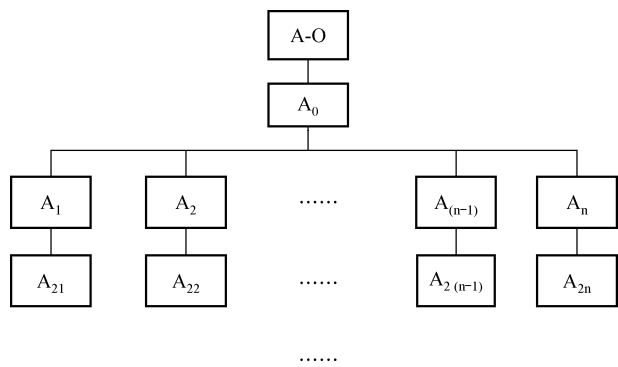


图 2-14 IDEF0 功能模型的递阶分解图

(4) 模型名

每个 IDEF0 模型有一个名字，通常用名字代表主体，用子名字表示不同的模型。名字与子名字间用斜杠 “/” 隔开。

IDEF0 有一个严格的过程确保最终完成的模型的质量。IDEF0 方法的建模过程包括以下步骤。

① 定义建模范围、观点及目的。

模型范围是指把模型的主题作为更大系统的一部分来看待，通常包括细节的范围和深度，不仅描述模型的外部接口，还要区分目标系统与外部环境间的分界线，确定在模型中需要重点讨论的问题与不应在模型中讨论的问题。另外，还要确定哪些用户是模型的读者，因为读者会对模型中包含信息的详细程度产生很大的影响。观点是从什么角度去观察和分析目标系统，以及在建模范围内所涉及的各个不同组成部分。目的是确定建模的意图或原因，如功能

说明、业务活动分析以及信息分布等。

② 构建顶层内外关系图——A-O 图。

建模的第一步通常是建立顶层内外关系图——A-O 图。画一个单个的方框，里面放上活动的名字，名字要概括所描述的系统的全部内容，再用进入及离开盒子的箭头表示目标系统与外部环境的数据接口。这个图形确定了整个模型的内外关系，确定了系统的边界，构成进一步分解的基础。

③ 画出顶层图（A₀）。

把 A-O 图分解为 3~6 个主要部分得到 A₀ 图，A₀ 图表示与 A-O 图相同的信息范围。A₀ 图是模型真正的顶层图，它的结构清楚地表示了 A-O 方框的名字所要说明的含义。比 A₀ 图更低级的图形，用来说明 A₀ 中各个方框所要说明的内容。

④ 建立一系列图形。

把 A₀ 图中每个方框进一步分解成几个主要部分，各部分有更为详细、具体的内容，依此层层细化到不能再分解的程度。分解的次序可采用以下原则：一是保持在同一水平上进行分解，获得均匀的模型深度；二是按难易程度进行选择，从最难分解部分开始，先从某一方框进行分解。

⑤ 写文字说明。

每一张模型图应附有不少于一页的叙述性文字，对图中无法表达或表达不明确的内容进行说明。

2. 基于数据流图的需求建模方法

数据流建模方法是一种结构化分析方法，主要工具是数据流图（Data Flow Diagram, DFD）。数据流图是表示系统逻辑模型的一种常用工具，图中不存在任何物理元素，只表示信息在系统中流动和处理的情况。数据流图是逻辑系统的图形化表示，有两个基本特性：

① 抽象性。即它完全舍去了具体的物质，只有数据的流动、处理和存储。

② 概括性。即把信息中的各种不同业务处理过程联系起来，形成一个整体。

因此，数据流图是系统分析员和用户交流的极好工具。同时，数据流图只需考虑系统必须完成的基本逻辑功能，不需要考虑如何具体实现这些功能，因此，它也有助于系统分析人员和系统设计人员之间的沟通。

数据流图有四种基本符号，即外部实体、处理过程、数据存储和数据流向，如图 2-15 所示。

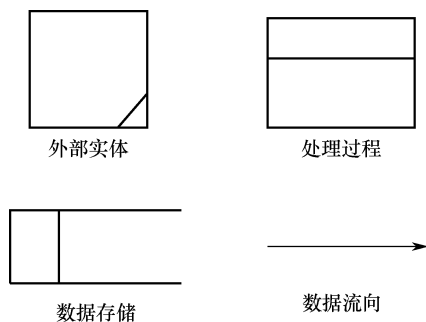


图 2-15 数据流图的基本符号

(1) 外部实体

外部实体是指系统内、外与系统有联系的人或组织。它表达该系统数据的外部来源和去处,如部队用户、主管部门、供货单位等。外部实体也可以是向本系统提供数据或接收数据的另外一个信息系统。

在数据流程图中,为了减少线条的交叉,同一个外部实体可在一张数据流程图中出现多次,这时在该外部实体符号的右下角画小斜线,表示重复。若重复的外部实体有多个,则相同的外部实体画数目相同的小斜线。

(2) 处理过程

处理是指对数据的逻辑处理,也就是数据的变换。即把流向它的数据进行一定的变换处理,产生出新的数据。通常用矩形表示一个处理过程,图形的上半部分填写处理过程的编号,标识出它在数据流图中的层次;图形的下半部分填写数据处理过程的名字,名字应适当反映该处理过程的含义,使之容易理解。

(3) 数据存储

数据存储表示数据保存的地方(如数据文件、表单等)。这里的“地方”并不是指保存数据的物理地点或物理介质,而是指数据存储的逻辑描述。在数据流程图中,数据存储用右边开口的长方条表示。图形的左半部分填写数据存储的标识,图形的右半部分填写数据存储的名字,名字也要恰当,以使用户理解。一般情况下,指向数据存储的箭头,表示送数据到数据存储;从数据存储发出的箭头,表示从数据存储读取数据。

(4) 数据流向

数据流向是指从源点向终点方向流动的数据,可以是一项数据,也可以是一组数据,也可以表示对数据文件的存储操作。用一个水平箭头或垂直箭头表示数据流。用箭头指示数据的流动方向。一般来说,对每个数据流要加以简单的描述,使用户和系统设计员能够理解一个数据流的含义。对数据流的描述写在箭头的上方,一些含义十分明确的数据流,也可以不加说明。

使用以上4种基本符号可以表示大多数的数据流图,有时需要表达复杂的数据流图,可以使用如图2-16所示的符号。它们表示数据流之间的与、或、互斥等关系。数据流图应该表示出所有的数据流向,而不只是表示出控制流,这一点与表示控制流的系统流程图有本质的区别。

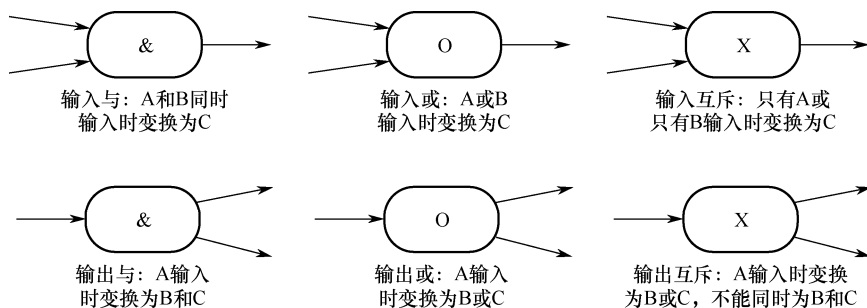


图 2-16 数据流图数据流关系符号

对于一个完整的军事信息系统,需要处理的数据很多,不可能在一张数据流图里完整表达所有数据的处理过程,解决办法是进行数据流图分层,即把整个流程图分别成若干层次来画。一般情况下,数据流图分层应该遵守“由外向里”的原则,即先确定系统的边界或范围,

再考虑系统的内部,先画处理的输入和输出,再画处理内部。重复这种分解,直到所有的进程都简单明了。

在画分层数据流图时,可按如下步骤进行。

(1) 确定系统的边界和范围,绘制顶层图

在系统分析初期,系统的功能需求等还不很明确,为了防止遗漏,不妨先将范围定得大一些。系统边界确定后,越过边界的数据流就是系统的输入或输出,将输入与输出用加工符号连接起来,并加上输入数据来源和输出数据去向就形成了顶层图。

(2) 绘制系统内部的数据流、处理和文件,绘制一级细化图

从系统输入端到输出端(也可反之),逐步用数据流和处理连接起来,当数据流的组成或值发生变化时,在该处画一个“处理”符号。绘制数据流图时还应同时画上文件,以反映各种数据的存储处,并表明数据流是流入文件还是流出文件。最后,再回过头来检查系统的边界,补上遗漏但有用的输入或输出数据流,删去那些没被系统使用的数据流。

(3) 绘制二级细化图

同样运用“由外向里”的方式对每个处理进行分析,如果在该处理内部还有数据流,则将该处理分成若干个子处理,并用一些数据流把子处理连接起来,即可绘制出二级细化图。二级细化图可在一级细化图的基础上画出,也可单独画出该处理的二级细化图。二级细化图也称为该处理的子图。如此逐层分解下去,直至所有处理不能再分为止。需要特别注意的是,在逐层分解的过程中,要保证分解前后的输入数据流、输出数据流数目相等。它保证了数据流分解前后的功能不变。

(4) 数据流命名要适当

数据流图中各个元素命名的恰当与否,会影响数据流图的可理解性。同时,如果在分解过程中出现难以命名的情况,则往往是分解不恰当的征兆。一般应先给数据流命名,再根据输入或输出数据流名的含义为处理命名。名字含义要确切,要能反映相应的整体。若碰到难以命名的情况,则很可能是分解不恰当造成的,应考虑是否重新分解。

数据流程图的逐层分解是严格的自顶向下进行的。由于分析时目标系统还不存在,因此分解时开发人员还需凭经验进行。同时,在建立目标系统数据流程图时,还应充分利用多种方法和技术。例如,分解时尽量减少处理之间的数据流,数据流程图中各个成分的命名要恰当,不要将控制流画在数据流图上,父图与子图间要注意平衡,严格按照数据流图的语法和语义规则画图等。

绘制数据流图是一项艰巨的工作,要做好重画的思想准备。需求分析是非常重要的起始阶段,对于出现的任何问题要慎重对待,这对整个开发过程非常有益。

2.3.2.3 面向数据的需求建模方法

在军事信息系统的需求开发过程中,为了把用户的数据或内容要求清楚、准确地表达出来,系统分析员通常建立一个概念性的数据模型(也称信息模型)。概念性数据模型是一种按照用户的观点对数据或内容构建的模型。目前,常用的概念性数据模型建模方法主要有 IDEF1X 方法、基于本体的需求建模方法等。

(一) IDEF1X 方法

IDEF1X 最初称为 IDEF1-IDEF2 信息建模方法,是 IDEF 系列中 IDEF1 的扩展版本,在 1985 年由 ICAM 发布,即 IDEF1 Extended,简称为 IDEF1X。IDEF1X 是 IDEF1 方法和 LDDT

(逻辑数据库设计技术)的一个子集结合,在E-R(实体联系)方法的原则基础上增加了一些规则,使语义更加丰富,图形表达能力更强,简化了模型的开发过程。

IDEF1X是语义数据模型化技术,与传统的E-R方法相比,具有以下特性:

- IDEF1X支持概念模型的开发。IDEF1X模型语义更丰富和精细,可充分而清楚地表达复杂信息系统的数据信息及其业务规则;
- IDEF1X有更强的一致性和更高的规范化程度,IDEF1X支持概念模式开发必需的语义结构,模型具有系统分析员期望的一致性、可扩展性和可变换性;
- IDEF1X是一种相关语言。IDEF1X对于不同的语义概念都具有简明的一致结构。IDEF1X语法和语义不仅易于为用户掌握,而且是强健和有效的;
- IDEF1X定义的逻辑模型更利于向物理模型转换。IDEF1X定义的符合关系理论第三范式逻辑模型已表达出了系统的数据信息和业务规则,可以直接向物理模型转换。
- IDEF1X是可自动化的。IDEF1X图能由一组图形软件包生成。一些建模工具可以根据IDEF1X定义的对象信息和规则自动生成物理数据库中更新、插入和删除的触发器。

IDEF1X模型的基本结构和ER模型基本类似,一个IDEF1X模型由一个或多个视图以及视图中应用的实体和域的定义组成。IDEF1X的基本建模元素主要包括实体、联系和属性(包括关键字)。

1. 实体

实体是具有相同属性或特征的现实或抽象事物的集合。凡是可以相互区别的、又容易被人们识别的人、物、事件和概念等都可以被抽象为实体。实体分为独立实体和从属实体两类。如果实体的存在不依赖其他实体和联系就能唯一标识出来,则称其为“独立实体”。如果一个实体的存在依赖于其他实体和联系,则称这个实体为“从属实体”。

IDEF1X分别用圆角矩形盒子和矩形方框盒子表示从属实体和独立实体(如图2-17所示)。每一个实体分配唯一的名字和号码,名字和号码之间用“/”分开,放在盒子的上方。需要说明的是,实体的号码必须是正整数。一个实体可以出现在多张IDEF1X图上,但在一张图中,只出现一次。

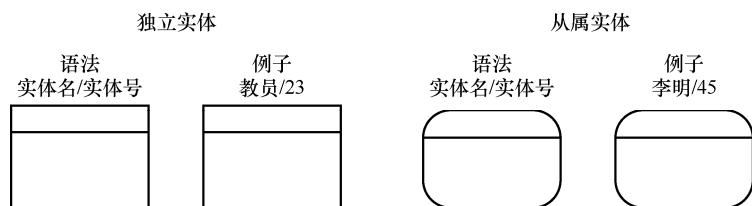


图 2-17 实体的表示方法

2. 联系

实体之间是有联系的。实体彼此之间相互连接的方式称为联系,也称为关系。联系分为确定连接关系和非确定连接关系。在 IDEF1X 图中联系用连接盒子的连线表示。

(1) 确定连接关系

确定连接关系又叫父子关系。它是两个实体间的联系或连接,一个实体(子实体)依赖于另一个实体(父实体)。根据父子关系的差别,确定连接关系又分为可标识关系、非标识关系和分类关系。

① 可标识关系。如果子实体的每个实例都是由它与父实体的联系而确定，这个联系被称为“确定连接关系”。例如，每名“教员”可以讲授多门“课程”，但一门课程只能由一名教员讲授。为了从所有课程中唯一地确定某门课程，必须知道这门课程由哪位教员讲授。“教员”和“课程”两实体之间存在确定连接关系。

IDEF1X 图用一条实线来表示父子实体之间存在确定连接关系，如图 2-18 所示。子实体总是从属实体，用圆角矩形盒子来表示。此时，父实体的主键属性可以为子实体的主键属性所继承。

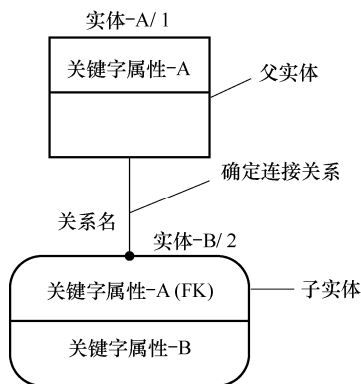


图 2-18 可标识关系图例

② 非标识关系（强制的和可选的）。如果子实体的每一个实例都能被唯一确认，而不需要了解与之相关的父实体的实例，这个联系就被称为“非标识关系”。例如，尽管课程实体和教员实体之间可以有依存关系，但是课程实例可以由课程编号唯一确定而不需要确定它与教员的关系。

IDEF1X 用虚线来描述父子实体之间的非标识关系，如图 2-19 所示。一般情况下，在非标识关系中的父实体和子实体将都可以是独立实体，但是，如果该非标识关系中的父实体或子实体在某个其他确定关系中充当了子实体的角色，那么它就是一个从属实体。

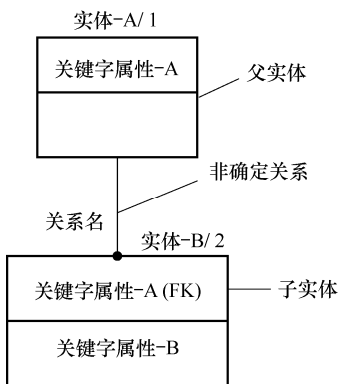


图 2-19 非标识关系图例

③ 分类关系。分类关系表示实体间一种分层结构，一个实体（类属实体）表示事物的全集，其他（分类实体）则为其子集。分类关系又分为完全分类关系和不完全分类关系。完全分类关系是指两个或多个实体之间的关系，且这些实体有一个一般实体，它的每一个实例都恰好

与一个且仅一个分类实体的一个实例相关系。例如,“干部”实体是一般实体,而“技术干部”和“行政干部”则是分类实体。一名干部只能是技术干部或行政干部。不完全分类关系是指一般实体的一个实例不与任何分类实体的任一实例相关联。在一般实体的属性中,把用来区分一般实体和分类实体的属性称为分类关系的“鉴别器”(Discriminator)。分类关系可用图 2-20 所示的线、圆圈加下画线和几条分支线组合起来表示,注意把用作鉴别器的属性名字写在圆圈旁边。一般情况下,一般实体都是独立实体,而分类实体全部是从属实体。分类关系图例中,圆圈的下面线是双线时,表示分类实体集是完全的;单线时,表示分类的非完全集。

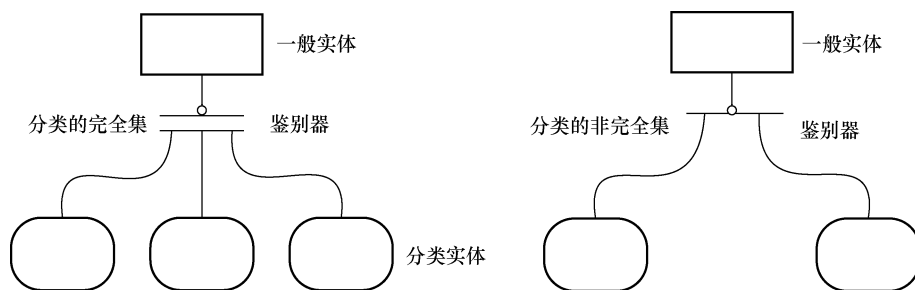


图 2-20 分类关系图例

分类关系一般遵循以下规则:

- 一个分类实体只能有一个对应的一般实体。并且,一个分类实体可以是一个分类关系中的一般实体。
- 一个一般实体可具有多个分类关系。例如,“女干部”和“男干部”可以是一般实体“干部”的第二个分类集合。
- 一个分类实体的全部实例具有相同的“鉴别器”。并且,不同分类实体的所有实例都具有不同的鉴别器值。

(2) 非确定性关系(多对多关系)

非确定性关系又称为“多对多关系”,这种关系是指两个实体之间相互存在这一对多的联系。例如,一位教员可以讲授多门课程,而一门课程能够被多位教员讲授,那么,“教员”实体和“课程”实体之间的连接关系是一个非确定关系。一个非确定关系用一个两端都带圆点的连线来描述,关系基数可以在关系的两端表示,如图 2-21 所示。非确定性关系的名称用动词短语描述。关系名用斜杠“/”分开且放在连线旁边。关系名的次序由实体之间的相对位置确定。

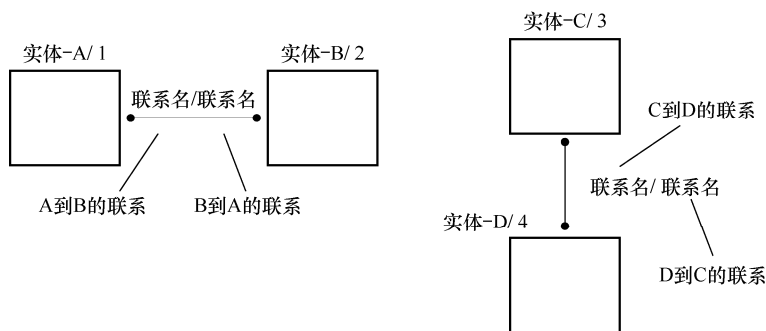


图 2-21 非确定关系图例

3. 属性

属性用来分辨或说明实体的特征或性质。一个实体必须有一个属性或属性组唯一地确定该实体的每一个实例。这个属性或属性组就构成该实体的“主键”(Primary Key)。例如,属性“器材编号”可以作为“器材”实体的主键;而属性“器材名称”和“入库时间”只是其他属性,因为它不能唯一地确定该实体的每一个实例。

在 IDEF1X 模型中,每个属性都由一个唯一的名字来标记,它描述了属性所表示的实体特征。属性名字一般用一个名词短语表示,而且属性名必须有意义,在整个模型中的表达是一致的。

在实体的盒子内,一般列出所有属性并且每一行只列一个属性,主键属性被放在属性列表的最上面,且用水平线把它与其他属性分开,如图 2-22 所示。

实体的属性一般遵循如下规则:

- 每个实体可以有多个属性,但每个属性只属于一个实体;
- 实体的每个实例,对每个属性只能有一个值;
- 一个实体可以有多个继承属性,且每个继承属性都必须是某个相关的父实体或一般实体主键的一部分。

4. 主键与次键

一个实体必须具有一个属性或属性组,其值唯一地确定该实体的每个实例,这个属性或属性组称为该实体的“主键”,而其余的能唯一确定该实体的每一个实例的属性或属性组为“次键”(Alternate Key)。

主键放在实体盒子内的属性表顶部,用水平线与其他属性分开。每个次键,分配一个唯一的序号,标注在“AK”之后,并用圆括号括起来,如图 2-23 所示。个别属性也可以被确定为多个次键的一部分,一个主键属性也可以是次键的一部分。

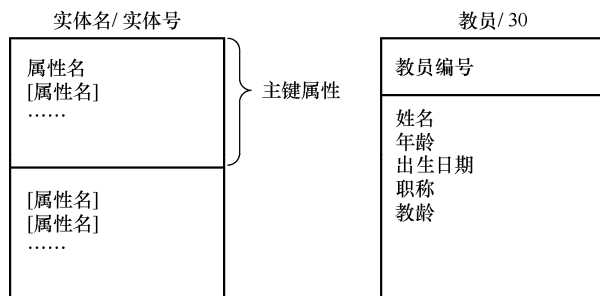


图 2-22 属性和主键图例

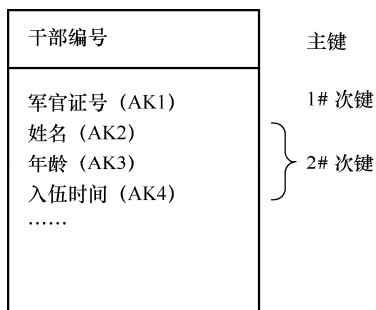


图 2-23 主键和次键语法图例

实体的主键和次键一般遵循如下规则：

- 每个实体有多个次键，但只有一个主键；
- 主键或次键可以由一个或多个属性组成，但必须能唯一地标识实体；
- 构成主键或次键的属性可以是实体自身所具有的，也可以是通过某些关系继承来的。

5. 外键

如果在两个实体之间存在确定连接关系，子实体从父实体继承的主键属性被称为“外键”（Foreign Key）。例如，一个测试项目分解为多个测试任务，即“测试项目”和“测试任务”存在父子关系。那么，“测试项目”实体的主键属性“项目编号”将被继承为“测试任务”实体的属性，“项目编号”就称为“测试任务”实体的“外键”。

外键的描述方法是把继承属性名加“(FK)”标注放到实体盒子中。如果“外键”同时是子实体的主键，那么，该“外键”被放在水平线上面并且这个实体盒子画成圆角盒子；如果“外键”不属于子实体的主键，那么，该“外键”应放在水平线下面。当然，“外键”也可以是次键的一部分。如图 2-24 所示。

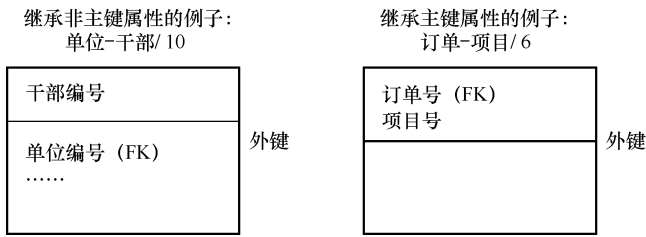


图 2-24 外键的语法图例

在描述外键时，一般分配给外键一个作用名。作用名是一个名词短语，格式是在一个作用名后加上该外键的名字，中间用逗号分开。例如：任务号，项目编号（FK）。

实体的外键一般遵循如下规则：

- 在确定连接关系中的子实体必须包含一个外键，且只有一个外键。
- 每一个子实体的外键必须是相关的父实体的主键的一个属性。相反，父实体的每一个主键都必须是相关的子实体中的外键。
- 分配给外键的每一个作用名是唯一的，同一含义必须应用于同一作用名。
- IDEFIX 方法使用的基本步骤可概括为以下几方面。

(1) 初始化项目

这个阶段的任务是从项目开发目的和范围出发，确定建模目标，包括组建建模队伍、收集源材料、制定模型的约定和规范等；开发有关建模计划，即建模的任务和顺序等。收集源材料是这阶段的重点。通过调查和分析原系统的输入、输出和业务流程，查看各种报表，形成基本数据资料。

(2) 标识和定义实体

实体集成员都有一个共同的特征和属性集，可以从基本数据资料中标识出大部分实体。根据源材料名字表格中表示物的术语中将名词部分代表的实体标识出来，确定出潜在的实体，形成初步实体表。需要确定的主要内容包括实体的名称、实体的含义和与实体有关的同义词等。

(3) 定义实体间的联系

IDEF1X 模型中只允许有二元联系, n 元联系必须定义为 n 个二元联系。根据目标系统实际的业务需求和规则, 使用实体/关系矩阵来标识实体间的二元关系, 然后根据实际情况确定关系的基数、关系名和关于关系的说明, 确定关系类型是标识关系、非标识关系、分类关系还是非确定关系。最后采用实体级图 (不涉及实体属性的 IDEF1X 图)、参照图等图形化方法描述联系。

(4) 定义主键

通过引入交叉实体, 对上一阶段产生的模型进行确认, 构建系统的功能模型, 将非确定关系转化为确定关系; 为了标识出实体的主键, 将父实体 (或一般实体) 的主键迁移到子实体中, 依据有关规则 (如关系理论范式约束) 改进主键属性和联系, 定义出最终的主键。

(5) 定义属性

收集整理系统要处理的材料数据, 从源数据表中抽取说明性的名词开发出属性表, 确定属性的所有者, 定义非主键属性, 检查属性的非空和非多值规则。此外, 还要保证一个非主键属性必须依赖于主键。然后, 将属性表中的数据作为实体其他属性分配到有关实体中, 定义相关属性, 依据有关规则 (如关系理论第三范式) 改善 IDEF1X 模型, 构建出 IDEF1X 模型的全属性视图。

目前, IDEF1X 方法在国内外信息系统建模领域特别是复杂信息系统中得到越来越广泛的应用。IDEF1X 方法还处于不断发展中, 未来的研究方向是将面向对象的建模方法引入 IDEF1X 方法的模型, 使其更易于复杂目标系统的建模。

(二) 基于本体 (Ontology) 的需求建模方法

本体 (Ontology) 的概念最初起源于哲学领域, 哲学中把 Ontology 定义为 “对世界上客观存在事物的系统的描述, 即存在论”。在信息科学中, 人们借用本体这一概念, 通过对实体存在本质的研究, 为各种不同系统之间的知识共享和互操作提供手段, 达到知识表示、共享和重用的目的。目前, 普遍为人们接受的本体定义是 Studer 在 1998 年提出的: 本体是 “共享概念模型的明确的形式化规范说明”。这个定义包含四层含义:

① 概念模型 (Conceptual Model): 是指通过抽象客观世界中现象的相关概念而得到的相应模型;

② 明确的 (Explicit): 是指概念及其应用的约束是明确定义的;

③ 形式化 (Formal): 是指 Ontology 可为计算机理解和处理;

④ 共享 (Share): 是指 Ontology 所表达的概念集某个领域共同认可的知识。

可见, 作为一种知识表示方法, 本体表达了概念的结构、概念之间的关系等领域中实体的固有特征, 即 “共享概念化”, 而谓词逻辑、语义网络等其他知识表示方法, 只能在逻辑层或认识层上完成对实体的主观解释, 不一定是实体的固有特征。这正是本体层与其他层次的知识表示方法的本质区别。

1. 本体的分类

本体的分类明确了不同本体之间的区别和联系, 虽然目前尚没有统一的本体分类方法, 但较有代表性的分类方法有以下 3 种。

(1) Guraino 的本体分类

意大利人 N. Guarino 提出了以详细程度和领域依赖度两个维度作为对本体划分的基础,

如表 2-1 所示。依照详细程度的高低分为参考本体和共享本体；依照领域依赖程度，可以细分为顶级本体、领域本体、任务本体和应用本体四类。

- 顶级本体：描述最普通的概念及概念之间的关系，如空间、时间、事件、行为等，与具体的应用无关，其他种类的本体都是该类本体的特例。
- 领域本体：描述特定领域中的概念及概念之间的关系。
- 任务本体：描述特定任务或行为中的概念及概念之间的关系。
- 应用本体：描述依赖于特定领域和任务的概念及概念之间的关系。

表 2-1 Guarino 的本体分类

依据	类别
详细程度	参考本体（较高）
	共享本体（较低）
领域依赖程度	<div> <div>顶级本体</div> <div> <div>领域本体</div> <div>任务本体</div> </div> </div>
	应用本体

（2）Pérez 的本体分类

A. G. Pérez 在分析和研究了各种本体分类法的基础上，归纳出十种本体：知识表示本体、普通本体、顶级本体、元（核心）本体、领域本体、语言本体、任务本体、领域-任务本体、方法本体和应用本体。这种分类法是对 Guarino 提出的分类方法的扩充和细化，但这十种本体之间有交叉，层次关系划分不够清晰。

（3）Uschold 的本体分类

M. Uschold 根据本体表示的形式化程度进行的本体分类：

- 完全非形式化本体；
- 半非形式化本体；
- 半形式化本体；
- 完全形式化本体。

显而易见，本体的形式化程度越高，越便于计算机进行自动处理。

2. 本体的构建

本体构建是本体应用的基础，是实现信息交换和共享的基础。本体构建是一项庞大的系统工程，需要各领域的专家按照一定的本体构建原则，在合理方法论的指导下，采用合适的方法步骤辅以便捷的开发工具加以实现。

（1）本体的建模原语

- 本体建模的核心是明确领域中的概念、概念的属性和约束条件、概念之间的层次关系等。Pérez 等人用分类法归纳出五种建模原语：概念、关系、函数、公理和实例。
- 概念。概念的含义很广泛，可以指任何事物，如行为、功能、现象、推理过程等。从语义上，概念表示的是对象的集合，一般采用框架结构。
- 关系。关系代表了领域中概念之间的相互作用，概念与概念之间的关系主要有四种：部分、整体关系（part-of）；继承关系（kind-of）；实例、概念关系（instance-of）；属性关系（attribute-of）。关系在形式上定义为 n 维笛卡儿积的子集 $R: C_1 \times C_2 \times C_3 \times \cdots \times C_n$ 。

- 函数是一类特殊的关系, 其中前 $n-1$ 元素可以唯一决定第 n 个元素, 形式化的定义为 $F: C_1 \times C_2 \times C_3 \times \cdots \times C_{n-1} \rightarrow C_n$ 。
- 公理。公理表示永真子句或断言。
- 实例。实例代表元素, 是概念的具体化。从语义上, 可以理解为对象。

本体建模语言如 OIL 和 Ontoligua 等, 提供了上述五种建模原语和概念之间的四种关系。由于本体的本质是概念模型, 本体的结构是按层次方式组织的。因此, 本体建模的核心是要明确研究领域的概念、概念的属性和约束条件以及概念之间的层次关系。

(2) 本体建模的原则

研究人员从实践出发提出了许多指导本体构建的原则。但目前仍没有构造本体的统一标准。通常情况下, 人们采用 1995 年 T. R. Gruber 提出的指导本体构造的五条原则。

- 明确性: 是指本体应该有效地传达所定义术语的内涵。定义应该是客观的, 与背景独立的; 定义应该尽可能完整; 所有定义应该用自然语言加以详细说明。
- 一致性: 是指一个本体应该是前后一致的, 概念定义要一致, 领域本体所定义的公理以及用自然语言进行说明的文档都应该具有一致性。假如从一组公理中推导出来的一个句子与一个非形式化的定义或者实例相矛盾, 则这个领域本体是不一致的。
- 可扩展性: 是指本体通过共享词汇的方式为预期的任务提供概念基础。它应该可以支持在已有的概念基础上定义新的术语, 以满足特殊的需求, 而无须修改已有的概念定义。即在不改变原有定义的前提下, 以共享词汇为基础定义新的术语。
- 最小编码差: 是指本体与特定的符号编码无关, 本体的编码差要控制在尽可能小的范围内。也就是说, 领域本体的表示形式的选择不应该只考虑表示或实现上的方便, 更不能依赖于某种确定的编码语言, 因为实际的系统可能采用不同的知识表示方法。
- 最小本体约定: 是指本体约定应该最小, 只要能够满足特定的知识共享需求即可。也就是说, 本体应该对所模拟的事物尽可能少的推断, 而是让共享者根据需要进行实例化这个本体。

Gruber 还指出, 由于本体承诺是以词汇的使用为基础的, 因此可以通过定义约束最弱的公理以及只定义应用所需的基本词汇来保证。

(3) 本体的建模方法

本体建模是一个复杂的过程, 涉及哲学、逻辑学、知识工程等多个学科, 目前尚没有被广泛接受的工程化建模方法。现有的建模方法, 一般是根据本体建模经验总结提出的, 具有代表性的建模方法主要包括以下 3 种:

- M. Uschold 等根据构造 Enterprise 本体所积累的经验, 指出本体建模主要包括 4 个步骤: 明确本体的目的和范围, 确定关系的概念并给出精确定义; 通过知识获取、知识编码、重用和修改已有本体等方式构造本体; 根据需求描述、能力问题等对本体以及软件环境、相关文档进行评估; 整理记录并建立文档。
- M. Gruninger 认为本体建模本质上是建立本体所要指明的知识的逻辑模型。该逻辑模型并不是直接建立的。首先以非形式化方式描述本体应满足的条件, 包括背景、需求、词汇和术语、能力问题等内容; 然后将这种非形式化描述方式用一阶谓词逻辑子句进行规范描述, 确定完整性定理, 进而构建出形式化的逻辑模型。
- A.G. Pérez 等提出了在知识层构造本体的方法, 其建模过程主要包括规划、控制、规范、知识获取、概念化、集成、实现、评估、编制文档和配置管理等。此外, 还提

出了基于原型演化的生命周期,明确了本体在生命周期中需要跨越的阶段。其中本体开发环境 ODE (Ontology Development Environment) 对 Pérez 提出的建模方法给予了部分支持。

上述三种建模方法的共同点是:都需要明确本体的目的和范围,需要获取领域本体知识;都认为模型评估是本体开发的关键环节,很大程度上影响本体的生成质量。区别是:获得了足够的知识之后,Uschold 方法建议用形式语言编码;而 Pérez 方法建议首先用中间表示集表达,然后通过翻译器产生特定语言表示本体。在工程实践中,借鉴上述本体建模方法的同时,可以根据任务需求,在此基础上做进一步的修正。

(4) 本体的建模语言和建模工具

本体建模语言主要有两类:传统的本体建模语言和面向 Web 的本体建模语言。传统的本体建模语言主要有 Ontolingua、OKBC、OCML、FLogic 和 LOOM 等,面向 Web 的建模语言主要有 XOL、SHOE 和 OIL 等。面向 Web 的建模语言语法一般采用 XML 作为语法基础,常用于表达 Web 信息的语义。

本体建模工具主要包括编辑工具、标注工具、集成工具、本体构建和管理工具等。常用的本体编辑工具有 Protégé、KAON、OntoEdit、OILed 等;本体标注工具可以在 Web 页面中自动或半自动插入本体标记,将非结构化、半结构化信息和本体联系起来,常用的本体标注工具有 AeroDAML、OntoAnnotate、COHSE 等;本体集成工具主要用于解决同一领域内本体的融合和集成问题,常用的本体集成工具主要有 PROMP、TFCA-Merge 和 ODEMerge 等;除此之外,还有 Apoll、oLinkFactory、OntoSaurus、OpenKnoME 等本体构建和管理工具。这些本体建模工具功能各不相同,从不同程度上提高了本体语言的表达能力、逻辑支持能力以及可扩展性、灵活性、易用性等。目前,在国内,Protégé 和 KAON 的使用最为广泛。

- KAON 是德国 Karlsruhe 大学编制的一套用于语义网和本体研究的工具,包含各种模块用于本体的构建、存储、检索、维护以及应用,其中 OIModeler 是 KAON 模块集中的本体建模工具,可以便捷地实现本体的创建和维护。
- Protégé 是斯坦福大学为知识获取而开发的一个工具,主要应用于知识的获取以及本体的合并和排列,可以免费下载并公开源代码,再加上其支持中文,Protégé 已经成为目前国内使用最为广泛的本体编辑工具。

2.3.2.4 面向对象的需求建模方法

面向对象(Object Oriented, OO)是一种全新的软件技术,其概念来源于程序设计本身。结构化生命周期法有难以控制、处理和适应变化的矛盾,因此产生了原型化方法来进行弥补,而原型化方法又需要有快速原型生成工具来支持。这两种方法都是从一般系统工程的角度采用计算机语言来描述、处理自然世界,这样必然造成系统分析、设计与其事务管理的差距,使管理信息系统在应用上产生许多困难和矛盾。20 世纪 80 年代初期,作为一种降低复杂性的工具,面向对象设计方法(Object Oriented Programming, OOP)产生了。面向对象设计方法既吸取了以前开发方法的优点,又证实和顺应了现实世界由物质和意识两部分组成,是近二十年来发展起来的一种运用对象、类、封装、继承、聚合、消息传送和多态性等概念来构造系统的软件开发方法。

面向对象的建模方法一般采用半形式化语言的符号表示(如图形)进行对象建模。不同的学者在各自不同的方法框架中采用不同的建模语言。建立一种统一的建模语言并使其成为

标准十分必要，这促成了统一建模语言（Unified Modeling Language，UML）的形成和发展。Booch 在 *The Unified Modeling Language User Guide* 一书中对 UML 的定义是，“UML 是对软件密集型系统中的制品进行可视化、详述、构造和文档化的语言”。UML 是用于软件系统规约化、可视化构造和建模的有效工具，其提供的各类标准图形在面向对象开发的软件系统的建模过程中得到了广泛应用。

1. 标准建模语言（UML）的主要内容

UML 是在多种面向对象建模方法的基础上发展起来的建模语言，主要用于软件密集型系统的建模。它的演化，经历了专家联合行动、公司联合行动和 OMG 控制下的修改与改进三个阶段，经过 Booch、Rumbaugh 和 Jacobson 等人的努力，最终于 1997 年推出了 UML1.1 版本，并被对象管理组织（OMG）批准为标准。目前，UML 已经成为面向对象建模语言的标准，获得了广泛应用。OMG 已将 UML 作为面向对象方法的标准建模语言。

标准建模语言（UML）作为一种对软件系统进行规约、构造、可视化和文档化的语言，融合了 Booch 方法、OMT 方法和 OOSE 方法核心概念，取其精华形成了统一的、公共的、具有广泛适用性的建模语言。

UML 利用模型来描述系统的结构、静态特征、行为或动态特征，它从不同的视角为系统的架构建模形成系统的不同视图。使用 UML 对软件系统建模可以归纳为静态建模机制和动态建模机制两大类，静态建模包括系统需求获取的用例图、构造系统结构的静态图（包括类图、对象图和包图）和系统的实现图（包括构件图和配置图）；动态建模描述系统元素的动态行为、表示业务或活动执行的时序状态或交互关系，包括行为图（包括状态图和活动图）和交互图（包括序列图和协作图）。如表 2-2 列出了 UML 中最常用的五类图（共 10 种图形）的描述。

表 2-2 UML 图的描述

静态建模机制	用例图	用例图	从用户角度描述系统的功能，并指出各功能的操作者，大部分的用例图在系统开发的需求阶段产生，随着工作的深入，用例集会更加丰富
	静态图	类图	用于定义系统的类，包括描述类之间的联系（如关联、依赖、聚合等）以及类的内部结构，即类的属性和操作。因此，类图是描述系统中类的静态结构，即它描述的是一种静态关系，在系统的整个生命周期都是有效的
		对象图	用于描述某个具体的实体，可以看作是类图的一个实例。对象是类的实例，对象之间的链是类与类之间关系的实例
		包图	由包或类组成，主要表示包与包、或包与类之间的关系。包图用于描述系统的分层结构
	实现图	构件图	描述代码部件的物理结构及各部件之间的依赖关系。一个构件可能是一个资源代码部件、一个二进制部件或一个可执行部件。它包含逻辑类或实现类的有关信息。构件图有助于分析和理解部件之间的相互影响程度
		配置图	描述系统中软硬件的物理体系结构，可以显示实际的计算机和设备（用节点表示）以及它们之间的连接关系，也可显示连接的类型及部件之间的依赖性。在节点内部，放置可执行部件和对象以显示节点与可执行软件单元的对应关系

(续表)

动态建模机制	行为图	状态图	描述一类对象的所有可能状态以及事件发生时状态的转移条件。通常状态图是对类图的补充
		活动图	描述为满足用例要求所要进行的活动以及活动间的约束关系。使用活动图可以很方便地表示并行活动
	交互图	序列图	描述对象之间的动态合作关系。它强调对象之间消息发送的顺序，同时也显示对象之间的交互过程
		协作图	同序列图是等价的，但着重描述对象间的协作关系

(1) 用例图 (Use Case Diagram)

用例图描述的是从用户角度所理解的系统功能，并指出各功能的执行者。用例图的建立是系统开发者和用户反复讨论的结果，反映了开发者和用户对需求规格达成的共识。用例图定义的是系统的功能需求，一个用例必须至少与一个执行者关联。用例和执行者之间的关系被称为通信关联，通信关联用一条带箭头的线表示，如图 2-25 所示。

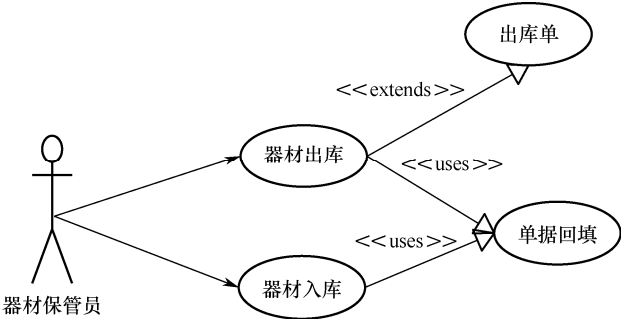


图 2-25 用例图示例

用例之间主要有两种关系。

- 使用关系：表示一个用例用到另一个用例所提供的功能，用“uses”来表示。
- 扩展关系：表示被扩展的用例是原用例的一种特殊情况，用“extends”表示。用例 A 是用例 B 的扩展用例，可以理解为用例 A 在用例 B 的基础上增加了一些新的动作。

(2) 静态图 (Static Diagram)

静态图描述系统的结构和行为，包括类图、对象图和包图。在静态图中，类图不仅定义系统中的类，还描述类与类之间的关系以及类的内部结构，类图在系统开发的整个生命周期都有效。

类与类之间的关系包括关联、依赖、泛化和实现关系，如图 2-26 所示。

- 关联关系 (Association)：定义了类之间的一种语义联系，是对类的实例间连接的抽象。关联用直线表示，在关联的两端标注关联双方的角色和多重标记。每个关联可以有二个或多个角色。
- 依赖关系 (Dependency)：依赖关系描述一个模型元素对另一个模型元素的依附关系。用带箭头的虚线表示，箭头从源模型元素指向目标模型元素。相对于依赖关系，依赖关系是一种比较弱的关系。
- 泛化关系 (Generalization)：也称继承关系，表示一个模型元素是另一个模型元素的

特例。泛化关系用一条带空心三角箭头的实线表示。

- 实现关系 (Realization)：描述一个模型元素实现另一个模型元素。实现关系用一条带空心三角箭头的虚线表示，箭头从源模型元素指向目标模型元素。

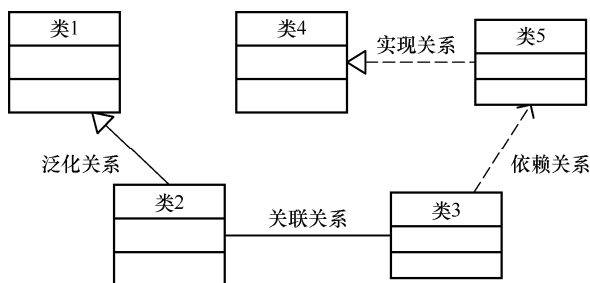


图 2-26 模型元素的关系示例

(3) 行为图 (Behavior Diagram)

行为图描述系统的动态模型和组成对象间的交互关系。其中状态图描述类的对象所有的状态以及事件发生时状态的转移条件，如图 2-27 所示。通常，状态图是对类图的补充说明。状态的变化称为转移，一个转移可以有一个与之相连的动作，这个动作指明状态转移时要做什么。需要说明的是，并不是所有的类都有相应的状态图。

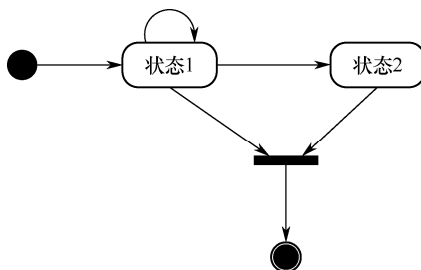


图 2-27 状态图示例

(4) 交互图 (Interactive Diagram)

交互图描述对象间的交互关系。其中，序列图显示对象之间的动态合作关系，它强调对象之间消息发送的顺序，同时显示对象之间的交互。如图 2-28 所示，序列图由若干个对象组成，每个对象下方是一条垂直的虚线，称为对象生存线；沿对象生存线上展开的细长矩形称为控制焦点，表述来自其他对象的消息被回应的的时间跨度；消息是对象间通信的内容，用一条对象生存线到另一条对象生存线的带箭头的水平实线表示，消息由序号、名称和参数组成，参数按需而定。

(5) 实现图 (Implementation Diagram)

实现图描述实际的计算机和设备（用节点表示）以及它们之间的连接关系，也可描述连接的类型及部件之间的依赖性。实现图主要包含构件图和配置图。

UML 五类图之间存在着直接或间接的关系（见图 2-29），这体现了 UML 中的辩证法。用例图主要用来描述系统的外部行为；类图、对象图用来定义类和对象以及它们的属性和操作；状态图用来描述类的对象所有的状态以及事件发生时状态的转移条件；序列图用来显示对象之间的动态合作关系，它强调对象之间消息发送的顺序，同时显示对象之间的交互；协作图用来强调对象间的动态协作关系；活动图用来描述满足用例要求所要进行的活动以及

活动间的约束关系，有利于识别并行活动；构件图描述代码部件的物理结构及各部件之间的依赖关系；配置图定义系统中软硬件的物理体系结构。

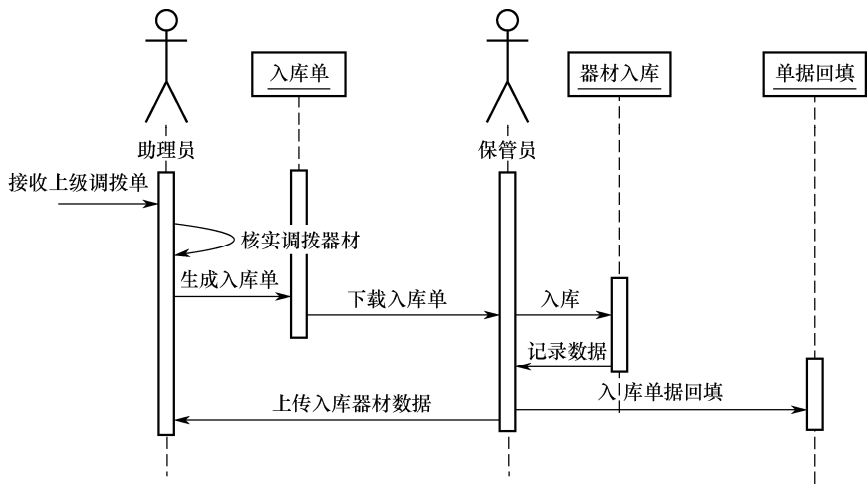


图 2-28 序列图示例

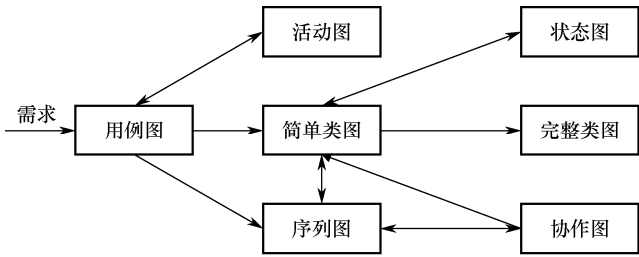


图 2-29 UML 图之间的关系

2. UML 需求建模过程

由于 UML 本身独立于过程，因此 UML 是一种通用的标准建模语言而不是方法。这意味着，在使用 UML 对系统需求建模时，无论采用何种过程，都可以用 UML 来记录最终的分析 and 设计结果。按照面向对象软件开发的理念，UML 需求建模过程大致分为三个阶段，如图 2-30 所示。

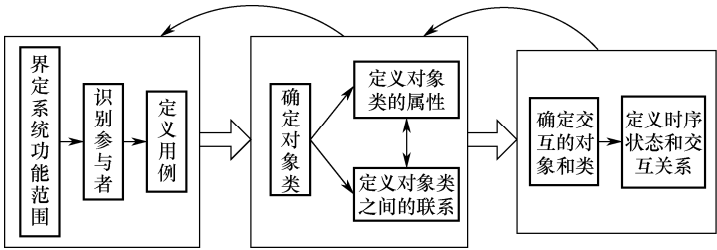


图 2-30 UML 需求建模过程视图

首先进行用例建模，需求分析人员将用户对目标系统的陈述转化为完整、清晰、可用于开发系统的描述，然后定义业务术语表，确定系统边界，标识参与者和系统用例；其次，把一组复杂的需求分解为基本元素及其相互关系，分别构建静态模型和动态模型。一般静态模

型需要描述对象类及其属性和操作以及对象之间的关系；动态模型（如序列图模型）描述对象之间的交互以及消息和操作。在此建模过程中，当用例模型构建完成后，进行静态模型和动态模型的分析，如果出现与前一阶段用例图的功能描述不一致的情况，或者与用户沟通时又产生了新的问题，则返回上一阶段进行修改和完善，以指导下一步的分析。

下面，以“某野战仓库器材管理系统”为例，概要介绍使用 UML 对需求建模的过程。

该系统的基本需求可以描述为：系统主要利用 RFID 技术、PDA 技术和计算机技术，实现某装备器材信息的管理。在本系统中，系统管理员负责用户管理和数据维护工作。器材到货后，助理员生成入库单，保管员将入库单据下载到 PDA 数据采集器，然后根据入库单进行器材入库并记录下器材的存储位置，而后把数据传递到业务机关计算机中，经助理员审核后后进行入库单据回填。向维修分队分发器材时，助理员首先生成出库单，保管员把出库单据下载到 PDA 数据采集器，然后根据出库单进行器材出库并记录出库器材的数量和货位，而后把数据传递到业务机关计算机中，经助理员审核后后进行出库单据回填。向上级仓库请领器材时，助理员首先生成器材请领单，然后根据上级仓库对器材的供应情况完成请领器材计划单的回填并自动生成入库单。此外，助理员要定期对器材进行保养、转库和盘库等库存管理工作。

（1）构建用例图模型

需求分析的目标就是确定系统的功能，而 UML 的用例图能形象地描述客户的需要。用例图模型是从用户的角度来详细描述使用系统的每一种方式，它定义系统内部应该发生什么，规定系统应该提供的功能，并指明了这些功能的执行者，从而确定角色和用例，建立系统的用例图。用例模型的主要构件是用例、角色和系统边界。其中，用例用来描述各功能需求；角色用于描述与系统功能有关的外部实体，可以是用户也可以是单个实体，它运行军事信息系统中的“使用实例”以达到目的，是军事信息系统的主体；而系统边界则用于界定系统功能范围。通过用例建模，可以对外部的角色以及它们所需要的系统进行功能建模。

从某野战仓库器材管理系统的需求描述中确定本系统的角色可分为系统管理员、仓库助理员和仓库保管员，系统管理员负责用户管理和基础数据维护，仓库管理员负责出库管理、入库管理和库存管理，仓库保管员负责出库、入库和单据回填。其用例图模型如图 2-31 所示。

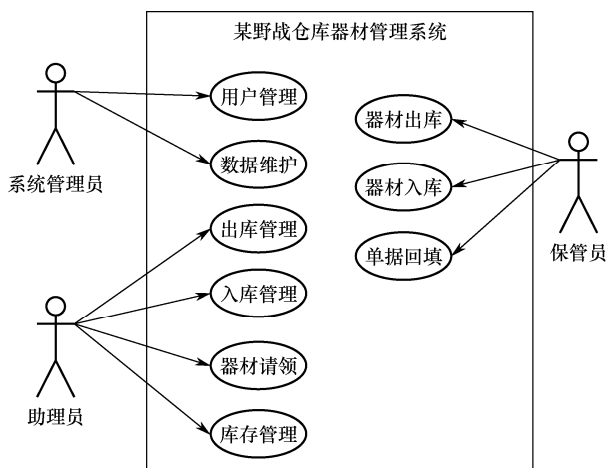


图 2-31 某野战仓库器材管理系统的用例图

除了用用例图描述高层的军事行动，还可以用文字（或活动图）对每个用例进行需求说明，更具体地描述该用例执行者的交互。绝大多数用例可以在系统需求分析阶段确定，但随

着系统的进展,可能会发现更多的用例,甚至会发现前面定义的用例存在不够确切或错误的地方,需要重新修改。因此,在整个系统开发过程中,都应当时刻关注用例。

用例图描述了系统的功能,但对于系统内功能的具体设计及协作关系的描述,则需要进一步进行静态建模和动态建模。

(2) 构建静态模型

一个系统可以看成是由一些不同类型的对象组成的,对象类之间的各种关系反映了系统内部各成分之间的静态结构。静态模型是依据系统结构从静态观点描述系统的视图,它定义系统中的对象和类及类之间的关系和类的内部结构,即类的属性和操作。对军事信息系统静态结构的描述,可以使用类图、对象图和包图来表示,但其中最重要的是类图,因为类图不但描述系统中类的静态结构,还表示类之间的联系及类的内部结构,在系统的整个生命周期都是有效的。

从某野战仓库器材管理系统的用例图出发,首先抽取与系统的需求分析相关的一些重要概念,如“助理员”“保管员”“入库单”“出库单”等对象类和“入库”“出库”“单据回填”等接口类。通过对这些概念的进一步分析,可以建立对象和接口之间的关联关系。例如,对象类“助理员”和“出库单”之间是一对多的关联,即一个助理员可以生成多个出库单,而一个出库单只能由一个助理员生成。“助理员”和“保管员”之间的关联又是通过关联对象类“入库单”和“出库单”来表达的。此外,“保管员”是实现“单据回填”接口类的对象类,“出库”和“入库”单据的回填都是通过“单据回填”接口类实现的。根据已确定的对象类、接口类及其联系,可绘制出该系统的类图,如图2-32所示。

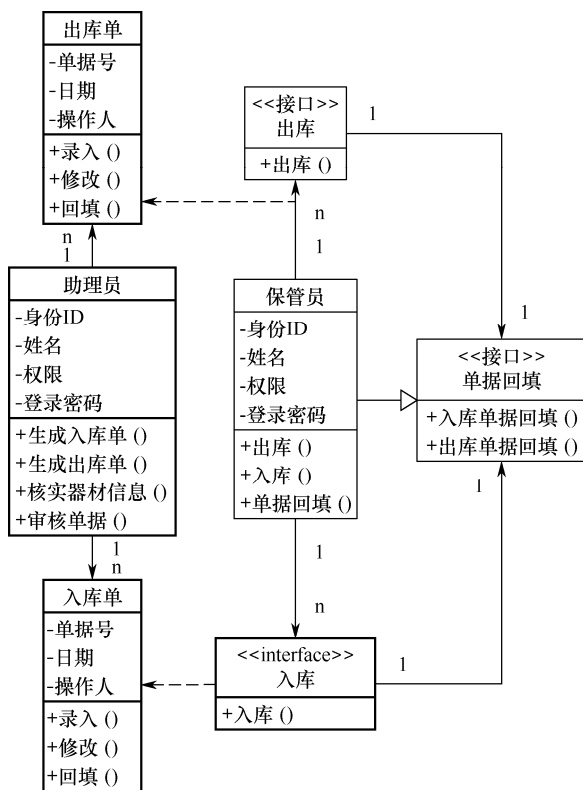


图 2-32 某野战仓库器材管理系统的类图

(3) 构建动态建模

对于军事信息系统，除建立静态模型外，更重要的是分析各种信息处理时序，恰当地控制处理这些信息，而动态建模能实现这个目标。动态模型是描述系统的功能是如何完成的，用顺序图、活动图和协作图等从不同的角度来描述对象和对象之间的交互，以便分析系统的行为，验证和修改系统的静态模型，满足用户的需求，达到系统的目标。顺序图是按时间顺序排列的对象交互作用的图，特别是用于显示交互作用中的对象和交换的消息序列。顺序图将交互关系表示为一个二维图。纵坐标轴显示时间，横坐标轴显示独立的对象。对象用生命线表示。当对象存在时，角色用一条虚线表示，当对象的过程处于激活状态时，生命线是一个双道线。消息从一个对象的生命线到另外一个对象生命线的箭头表示。箭头以时间顺序在图中从上到下排列。

下面，以某野战仓库器材管理系统的静态模型的相关类图为基础，描述如何使用顺序图来构建出库管理和入库管理的动态模型。该系统的出库管理和入库管理的顺序图如图 2-33 所示。

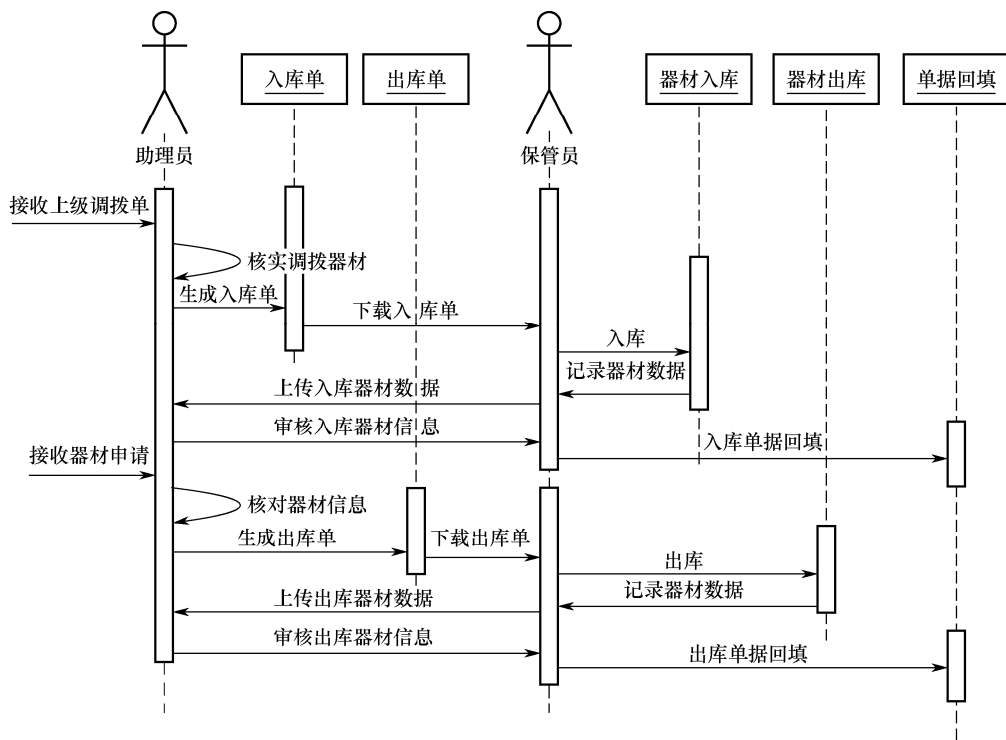


图 2-33 某野战仓库器材管理系统的顺序图

① 入库管理。仓库助理员接到上级仓库的器材调拨单后，首先核实调拨的器材信息，然后生成入库单。保管员将入库单下载到 PDA 数据采集器进行器材入库作业，而后把入库的器材数据信息传给助理员，经助理员审核后进入库单据回填。

② 出库管理。向维修分队分发器材时，助理员首先生成出库单，保管员把出库单据下载到 PDA 数据采集器进行器材出库作业，而后把出库的器材数据传递给助理员，经助理员审核后进入库单据回填。

需要说明的是，在需求分析阶段构建的动态模型中所描述的实体属性不一定与最终实现时的定义一致。因为本阶段所有的动态模型具有素描性质，主要是为了协助对系统中的实体

及其相互关系的分析,为系统设计阶段的详细描述打下基础。用例图、类图和顺序图、活动图等模型的结构较复杂,且模型自身、同种模型之间以及异种模型之间的关系繁琐,在实际的军事信息系统需求分析中,需要对描述同一功能需求的不同模型进行一致性验证。

综上所述,面向过程的需求开发方法和面向对象的需求开发方法有各自的优势,但都存在一定的缺陷。比如,在军事信息系统需求分析中,作战任务、作战节点和作战活动等要素都具有层次性,而UML语言本身不提供层次建模功能;数据流图、IDEF0等面向过程的开发方法,虽然可以层次分析与作战领域相关的要素,但描述机制复杂、可维护性和跟踪性差。因此,单纯采用某种建模方法构建需求模型,往往得不到全面、整体的需求。

2.4 军事信息系统需求验证

经过需求描述和建模后形成的需求文档,从表面上看确定了系统的所有需求,不存在什么问题。但是,当系统开发人员从功能设计的角度审查需求文档时,就会发现需求描述中有很多的遗漏、重复、有歧义、不一致等问题。这是因为需求文档中的需求经过需求分析和讨论后,基本保证了需求在“语法”上的正确性,但是并不能保证各种需求在“语义”上是否存在冲突,在“语用”上是否达到了最优。因此,为了保证军事信息系统需求的有效性,必须对军事信息系统进行需求验证工作。

2.4.1 军事信息系统需求验证的概念

IEEE(1012-1986, §2, 1994)将验证定义为,“为确定给定阶段的产品是否满足该阶段开始时强加的条件而评估系统或组件的过程”。也就是说,验证很大程度上是一种基于分析方法和工具的活动,它以需求模型为基础,通过一系列审查、分析和评价过程,来证实系统开发的每个阶段都符合前面阶段的定义。

根据军事信息系统需求工程的特点和目标,给出军事信息系统需求验证的定义:指系统规划分析人员运用科学的方法和技术,以军事需求模型为基础,在军事信息系统相关人员及军事领域专家的共同参与下,通过一系列的检查、比较、建模、测试、分析和调整等活动,分析并确定需求文档的一致性、完整性、有效性和可行性,最终获得有效需求的有序过程。

作为军事信息系统需求开发过程的重要环节,军事信息系统需求验证是对需求分析成果的前期确认,其根本目的是确保军事需求是有效的,既要验证需求产品的准确性,又要验证实现的目标系统与军事需求的一致性。事实上,需求验证活动的实施非常困难,因为需求描述和建模的目标系统客观上并不存在,用户不能确定目标系统的功能和性能是否满足要求。通常情况下,以能够反映系统大部分核心功能和性能的原型为参照进行需求验证工作。从这个意义上讲,军事信息系统需求验证的对象有两个:原型和目标系统。原型是指模仿目标系统的模型,而目标系统的概念比较广泛,它可能是完整的系统,也可能是子系统或系统中的某些部件。

2.4.2 军事信息系统需求验证的过程模型

军事信息系统需求验证的过程实际上是一个需求不断反馈、复审和循环的过程，其中任何一层需求信息的描述未满足要求都会影响军事信息系统需求开发的质量。所以，要从过程上保证军事信息系统需求的语法信息、语义信息和语用信息都得到完整的验证。由于军事信息系统需求的物化形态是格式化和标准化的需求分析文档，其内容涉及范围比较广，目前国内关于需求验证方面的研究还没有形成完善的需求验证体系。结合军事信息系统需求是由语法、语义和语用三个层面信息构成的，提出基于语法、语义和语用三层次的需求验证过程模型。其中，语法验证是最基本的验证，主要检查需求文档的语法是否正确；语义验证是在需求文档语法正确的基础上，验证需求文档所表达的信息是否完备和一致，是否符合规则；语用验证则是在语法和语义验证的基础上，检查需求的开发是否满足要求及其合理性的程度。由此可见，三层次的需求验证是一个逐步渐进的过程模型，如图 2-34 所示。

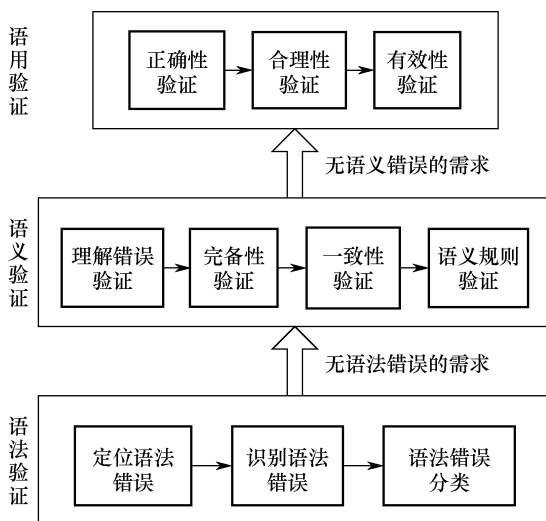


图 2-34 军事信息系统的三层次需求验证过程模型

(1) 语法验证

语法验证主要对军事信息系统需求产品的规范化进行检查。主要验证类型包括：文字错误验证、术语规范验证、数据引用验证、图形符号规范验证等。从过程上进一步细化为定位、识别和分类等几个步骤。定位是找到可能存在语法描述错误的内容，识别是确定该描述是否为语法错误，分类是对确认的语法错误进行分类。由于一般的需求描述工具都会提供语法错误的检查与更正功能，所以语法错误的验证一般不需要人工检查与处理。

(2) 语义验证

语义验证主要检查军事信息系统需求描述所表达的语义信息是否正确、完备，是否符合语义规则。主要验证类型包括四方面的内容，并且在逻辑上遵循一定的先后顺序：首先进行开发人员的理解错误验证，其次进行需求数据的完备性错误验证，然后进行需求数据的一致性错误验证，最后对需求产品的语义规则进行验证。

(3) 语用验证

语用验证主要检查需求产品的正确性和合理性。语用验证的类型主要包括三个层次：首先进行语用信息的正确性验证，其次进行需求产品的合理性验证，最后对需求产品的有效性

进行验证,以评判需求产品是否满足用户的最初要求,是否满足作战和其他业务活动的需要。

2.4.3 军事信息系统需求验证方法

军事信息系统需求验证是一个持续时间比较长的过程,因为它需要验证人员和评价人员对需求文档反复检查、分析、测试和检验等,必须采用尽可能多的方法,从多角度多方面对需求进行验证。常用的军事信息系统需求验证方法主要有人工评审法、可执行模型验证法、仿真推演验证法、基于场景的需求验证方法等。它们可用于验证和评价原型系统和目标系统各方面的需求。

(1) 人工评审法

主要指组织相关人员,依据标准规范和经验知识对需求文档的完备性、规范性和合理性进行确认和验证。参与评审的人员一般包括领域用户、机关人员、系统开发人员、领域专家、需求分析和验证人员等,通常把需求验证评审的重点放在目标的实现上。在人工评审过程中,评审人员一般按照预先设好的评审细则对系统需求文档逐项审查,给出每条评价内容的等级,指出不符合项,并提出优化建议,将评审结果反馈给需求分析人员,以确保需求能够实现目标系统的预期目标。

(2) 可执行模型验证法

主要以系统的行为需求描述为基础,构建严密的形式化动态可执行模型(如有色 Petri 网、可执行源代码等)来表示系统的功能和结构,运行该可执行模型,对系统需求指标的可行性、合理性等因素进行分析和验证,收集功能执行时的性能参数、功能需求的实现程度、功能数据的提供情况等信息,验证性能需求与行为需求的适应情况。可执行模型验证法的适用范围包括系统行为验证和系统性能验证两种。

- 系统行为验证。主要验证需求文档设计出的系统行为与系统用户期望的系统行为是否一致,如验证系统是否按照用户期望的顺序对外部刺激做出相应的反应;数据是否在系统内正确流动;执行系统功能后是否产生了正确的输出结果等。
- 系统性能验证:主要验证需求开发的系统性能指标能否达到系统规格说明书的要求,如系统的响应时间、利用率、可靠性、处理时间等。

(3) 仿真推演验证法

对军事信息系统来说,仿真推演验证法是最有效的需求验证方法。仿真推演验证法是指利用计算机技术模拟作战实体在作战想定驱动下的作战行为,与仿真各联邦成员一起在仿真系统中进行模拟测试,分析评估现行需求分析是否能完成预定功能或存在某种缺陷。该需求验证方法主要对作战效能和系统效能进行仿真推演。其中,仿真模型是构建仿真模型体系和仿真系统的核心。

在运用仿真推演验证法验证需求时,首先根据作战和装备需求分析结果,设计作战应用想定和蓝方假想敌,构建可信赖的仿真模型体系和数据标准,并借助计算机仿真推演平台模拟作战行动过程,分析评估系统装备的作战效能和任务符合度,以完成需求有效性验证。为了提高仿真推演需求验证的效率,应将功能软件进行集成,开发一体化的仿真推演环境。这个仿真环境应向用户提供方便、灵活的建模、实验和分析手段,能够支持体系结构仿真的全过程。同时,它应对仿真中所涉及的各种资源如模型、参数、实验框架以及行为数据进行统一的管理和维护。

(4) 基于场景的需求验证方法

基于场景的需求验证方法是指将场景作为验证需求的有效工具，通过选择一组具有代表性的场景实例对需求的定义进行测试和校验，以发现需求定义中存在的缺陷。代表性的场景实例主要包括期望场景和异常场景两种。期望场景用来描述一些系统期望发生的行为，异常场景用来描述一些系统不希望发生的行为。通常使用期望场景验证需求的完备性，异常场景验证需求的正确性。在运用基于场景的需求验证方法验证需求时，一般采用使用消息序列图对场景进行形式化描述，使用有限状态自动机对需求的运行状态建模，然后分别抽象形成活动序列集合和活动运行集合，最后利用验证算法对两个集合进行比较，进而得到需求完备性和正确性的验证结果，整个验证过程如图 2-35 所示。

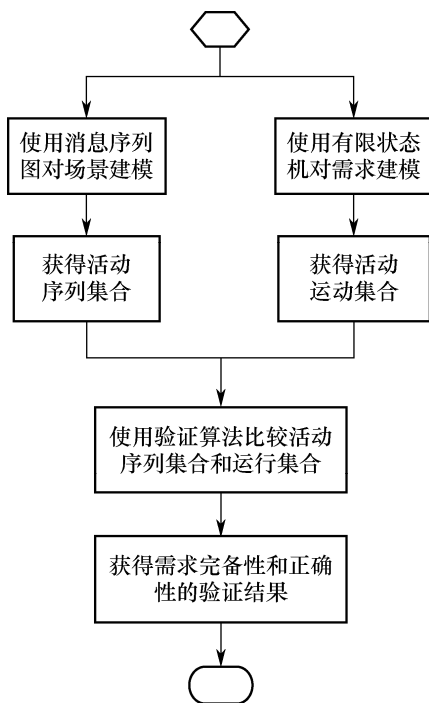


图 2-35 基于场景的军事信息系统需求验证过程图

(5) 基于有向生成图的需求验证方法

基于有向生成图的需求验证方法是指以对话状态的描述语义为基础，通过有向生成图描述基于用例的对话图（Dialog Map）模型，使每个分解的对话图元都能唯一映射到有向生成图上，并应用图的相关理论进行定义和分析。将基于用例的任务分解为活动集合，并与对话图元建立映射。在此基础上，将活动序列集逆向生成有向图，从而对基于用例产生的、由需求验证人员和分析人员分别得到两个有向生成图的边集进行分析，找到两者的不等价边或者边集中存在多余的情况，这些不一致也反映了基于某一个用例的需求定义可能产生歧义、遗漏或冗余等不一致。经过需求验证人员、需求开发人员、用户三者协商确认，再纠正各级需求文档和模型中需求描述和定义中存在的问题，得到需求验证的目的。整个验证过程如图 2-36 所示。

该需求验证方法的核心是 UML 对话图模型，它以图形化的方式清晰地表达用户的需求

内容。UML 对话图建模原理是：对话图将用户界面视作一个有限状态机，在某一个时刻只有一个对话元素可以接收用户输入。在激活的输入区中，用户可以根据自己所采取的动作导航到某些其他的对话元素。一个相对较复杂的图形用户界面中，可能的导航路径数目会很大，其选项通常也是可知的。对话图的状态转换反映用户需求界面元素导航的执行路径，为需求验证提供依据。

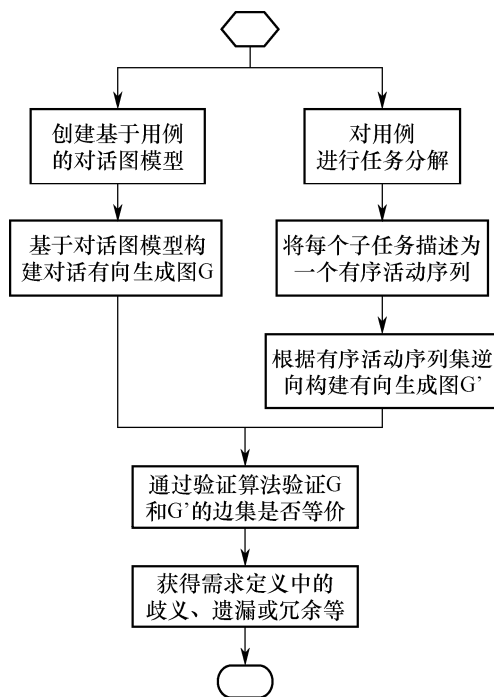


图 2-36 基于有向生成图的需求验证过程图

一般而言，对话图映射为有向生成图的规则如下：

- 每一个对话图元，略去其包含的业务信息，映射为有向图的一个节点。
- 对话图元之间的有效导航，直接映射为有向图的边。
- 基于该映射规则，从一个对话图模型映射得到的有向生成图，称为对话有向生成图。

（6）基于原型测试的需求验证方法

基于原型测试的需求验证方法是指根据已经获取的系统需求（包括系统功能需求、性能需求、作战能力需求等），快速研发出一个反映系统大部分功能的原型系统，设计原型系统试验，得到原型系统动态执行的特性和用户体验数据，通过分析数据之间的关系完成系统需求的有效性验证与优化。其中，原型系统为用户与技术人员之间一种物化且直观的交流载体，可以进一步获得直接且明确的需求内容。运用基于原型测试的需求验证方法验证需求时，首先根据原型系统在仿真或实际环境下的运行状况，确认测试环境、测试内容、测试方法和评判准则，然后设计测试项和测试用例，按照测试内容和测试步骤进行逐项测试，记录并分析测试数据，进而检验原型系统是否满足系统的功能、性能和作战能力需求。通常，在系统总体技术方案中应给出作战能力与系统功能对照表，通过对原型系统的每项功能检验测试，验证系统能否实现多项作战能力指标，能否满足作战能力需求。

上述几种需求验证方法各有侧重,分别从不同角度对需求的一致性、完备性、正确性和有效性进行了验证。其中,仿真推演验证法、基于原型测试的需求验证方法、基于有向生成图的需求验证方法和可执行模型需求验证方法适用于系统动态性需求的验证,都是以功能用例为基础,其验证的前提已经构造了一个可执行或可实验的模型或原型系统,通过仿真、推理或实验、测试,得到系统动态执行时的特性和数据,进而分析数据之间的关系对需求进行验证;而人工评审法和基于场景的需求验证方法适用于系统静态性需求的验证。其中,人工评审法依照预先设好的评审规则对文字形式描述的需求模型实施完备性、规范性和合理性验证;基于场景的需求验证方法则规避了对测试用例的依赖性,通过场景建模和验证算法的比较对系统的业务流程进行了全覆盖检查,对需求模型的完备性和正确性验证是非常有效的。

需求验证是军事需求工程中至关重要的一个环节,它是对需求分析后军事需求的再次确定和优化。无论采用哪种需求验证方法,都要求实施需求验证的人员具备良好的专业技术知识,同时对系统需求有深入的了解,这对于提高需求验证质量起着非常重要的作用。

2.5 军事信息系统需求管理

军事信息系统通常是一个非常庞大、复杂、动态的人机系统,面向的是未来高技术条件下的信息化战争,具有极其特殊的作战使用环境和极其特殊的作战使用对象,其研制、开发与建设的周期相对较长。在投入使用以前,必须进行集成联试、综合测试、模拟演示、部队试验甚至于实兵演习来对系统的作战效能进行检验。即便如此,也难免出现军事需求被疏忽或者遗漏的情况,或者由于军事战略的调整、科学技术的发展、作战对象的变化等原因未及时更新需求,使得很多军事信息系统不能满足作战需求,其中一个重大原因就是缺乏有效的需求管理。

2.5.1 军事信息系统需求管理的概念

软件需求管理是一种实践性很强的需求活动,目前国内外对需求管理的研究还没有形成一个完善的理论体系。CMM认为对软件需求管理的定义是,“建立并维护在需求工程中同用户达成的契约”,这种契约都包含在编写的需求规格说明与模型中。从过程的角度,Leszek定义需求管理是可以对系统需求进行引入、组织和文档化的一种系统化的方法和步骤,在客户和实现客户需求的软件项目之间达成共识,以便更好地控制分配的需求,为软件工程和管理建立基线;同时,保证软件计划、产品和管理活动与分配的需求保持一致。总之,软件需求管理就是在需求开发结束后,建立并维护在需求分析过程中同用户达成的契约。这种契约体现在编写的需求规格说明书及其相关补充文档中,契约在软件开发过程中的合理应用是需求管理的根本目标。

结合软件需求管理的定义和军事信息系统开发的特点,给出军事信息系统需求管理的概念:以军事信息系统需求描述文档为基础,建立和维护整个军事信息系统生命周期内的需求要素的来源和跟踪性,对系统开发过程中各种需求的变化进行分析和管理的,确保合理的需求

要素变化以及所有的需求都能够有效实现。加强军事信息系统需求管理,能使军事信息系统需求工作的职责明确、过程规范、方法科学和资源节约,实现军事信息系统需求工作正规高效、科学有序地实施。

可见,军事信息系统需求管理与传统的软件需求管理在概念上基本一致,只是需求管理的基础和对象发生了变化。软件需求管理是以需求规格说明书为基础,管理的对象是软件功能;军事信息系统需求管理则以需求描述文档为基础,其管理的对象是用来描述系统的功能、性能、作战能力等的一系列需求要素,如作战使命、作战任务、作战活动、系统功能、信息交换、系统指标等。同一类需求要素构成需求要素集,军事信息系统需求管理过程都是以需求要素为基础的。

军事信息系统需求管理强调以下几种活动:

- 控制对需求的变更。
- 保持系统使命任务、开发进度与需求一致。
- 控制单个需求要素与需求描述文档的版本情况。
- 管理需求要素与系统元素之间的联系,包括体系结构、设计部件、源代码模块、测试、帮助文件、文档等。
- 管理单个需求要素与其他需求要素之间的依赖关系,包括需求要素产生的来源和基本依据以及需求要素内部各层次之间的纵向关系、同层需求要素之间的横向关系等。
- 跟踪每一个需求版本的状态。

整个军事信息系统需求管理的过程模型如图 2-37 所示。

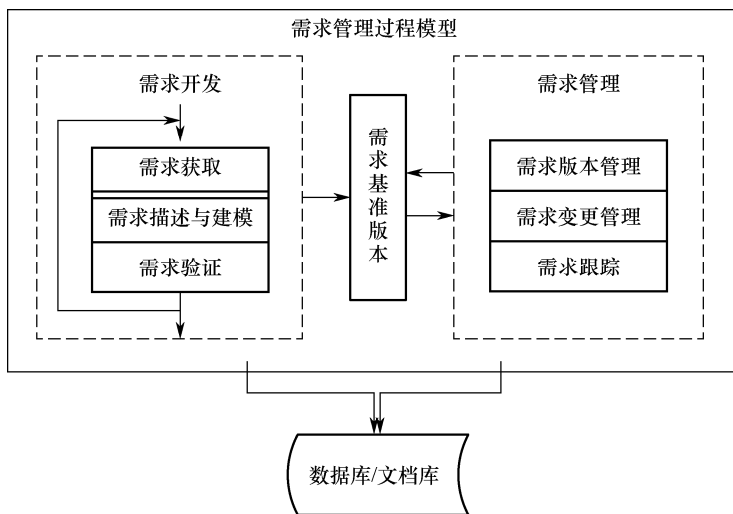


图 2-37 军事信息系统需求管理的过程模型

2.5.2 军事信息系统需求管理的主要内容

目前,对需求管理的范围界定尚没有统一的意见,一些学者将需求管理的外延扩大,将整个需求工程都理解成为需求管理;有的学者将需求管理内涵缩小,仅仅是作为需求开发的一个结束活动。一般来说,军事信息系统需求管理的主要内容包括需求变更管理、需求版本管理和需求跟踪三个部分。其中,需求变更管理的主要内容包括变更影响分析和变更配置管

理，需求版本管理的主要内容包括版本构成和版本控制，如图 2-38 所示。

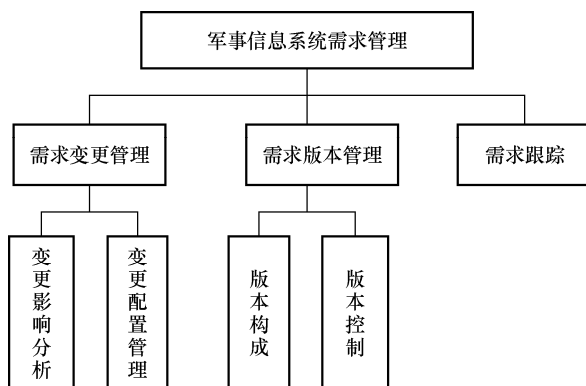


图 2-38 军事信息系统需求管理的主要内容

2.5.2.1 军事信息系统需求变更管理

军事信息系统的建设是一个长期、复杂、开放的过程，可能发生频繁的需求变更。军事信息系统需求变更管理是指从提出需求变更申请、进行变更影响分析、变更评估到变更的具体实施进行管理和控制的过程。需求变更管理是军事信息系统需求管理的核心问题，其目的是避免不断采纳新的需求、调整系统开发计划以及质量目标等导致系统开发失控。军事信息系统需求变更管理的原则是：根据需求变更分析的结果，由变更管理小组做出最终的决策。

不论什么原因产生的军事信息系统需求变更，需求变更管理的过程一般由以下几部分组成：审核需求变更申请、确定变更管理工作组、需求变更分析与评估、需求变更实施和需求变更配置管理，如图 2-39 所示。

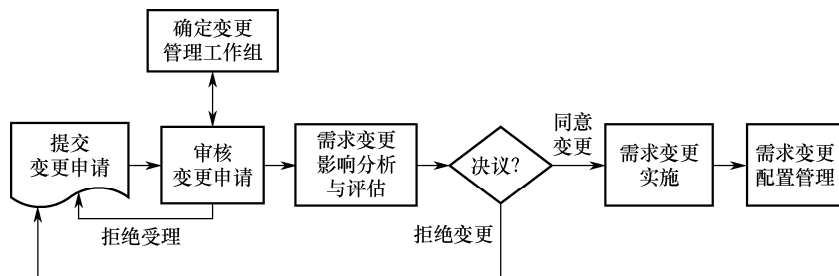


图 2-39 军事信息系统需求变更管理过程示意图

(1) 审核需求变更申请

审核需求变更申请是需求变更管理的前提。主要包括检查变更申请和确定变更范围两个方面。

- 检查变更申请。全面梳理变更申请，检查变更申请记录的内容和形式是否正确、合理。
- 确定变更范围。初步分析变更申请，确定变更申请对系统的影响范围。

(2) 确定变更管理工作组

为了确保军事信息系统正常建设，对需求变更进行有效管理和控制，必须组建需求变更管理工作组。需求变更管理工作组的责任就是根据变更分析的结果，结合军事信息系统

的任务使命及建设进展的情况, 决定采纳哪些需求变更方案。需求变更管理工作组一般由需求工程师、项目管理人员、系统开发人员、系统测试人员、用户代表等组成。

(3) 需求变更影响分析与评估

军事信息系统需求变更影响分析是指采用一定的分析技术, 从不同角度对每项待变更的需求要素进行分析, 确定对系统开发计划和其他需求要素的影响, 综合后给出变更决策。首先, 对提交的需求变更申请进行分析, 确定其必要性、合理性和重要程度, 确定需求变更的优先等级; 其次, 通过追溯分析和影响分析, 确定变更实施后对系统可能造成的影响, 确定变更的代价; 最后, 根据变更的代价、阶段目标和现有能力等约束条件进行决策, 确定是否采纳变更或延期实施变更。在变更影响分析过程中, 系统使用总体应与研制方进行充分的沟通和交流, 以确保决策的正确性。

军事信息系统的特点决定了需求变更的影响因素很多。需求变更影响分析一般采用定性 with 定量相结合的方法进行, 分析内容主要包括:

- 变更对成本的影响, 包括实施变更对系统的直接和间接成本的变化、实施变更所需要的相关设施设备、人员费用等;
- 变更对进度的影响: 包括建设周期、关键节点、非关键路径进度的改变等;
- 变更对系统目标的影响: 包括系统性能的变化、系统效能的变化、子系统任务的改变等;
- 变更对风险的影响: 包括系统整体风险、技术风险、目标风险等。

需求变更评估是在需求变更影响分析的基础上, 结合军事信息系统的使命和任务, 对选择的每项需求变更进行最终的评定, 给出变更决议。如果变更请求导致的最终结果用户不能接受, 或变更的费用太高、开发周期过长等, 需求变更请求则会被拒绝。

(4) 需求变更实施

需求变更实施是指在需求变更评估的基础上, 将决定采纳的需求变更交给相关研制方, 研制方负责实施需求变更, 并将修改情况及时报告使用总体单位, 变更情况要纳入需求变更配置管理。

(5) 变更配置管理

需求变更配置管理是指通过规范需求变更相关记录, 实现对需求变更的记录、跟踪和维护, 确保需求变更与设计变更、测试变更、代码变更、版本变更的一致性。需求变更配置管理的活动一般包括记录变更需求文档版本的日期、变更内容、变更理由、变更完成情况、变更人和变更后的版本号等; 跟踪每项需求要素的状态和属性, 及时掌握情况; 根据需求文档找到与变更需求相关的需求, 进行相应修改并记录。

实践证明, 通过构建严格的需求变更管理和维护过程, 对进入基线的需求产品变更进行有效控制, 可确保系统建设分阶段、按计划、有序地整体推进。

2.5.2.2 军事信息系统需求版本管理

需求版本实际是一个文档体系, 是按照一定目的把需求描述文档以及军事信息系统建设过程中产生的与需求描述相关的文档组织在一起。可见, 每个版本都是由很多要素组成的, 这些要素之间的关系十分复杂。

军事信息系统需求版本管理是指对需求版本、版本的组成要素以及版本组成要素之间的关系进行相应的控制。版本管理的范围主要指保持单个需求同需求文档联系的同时, 管理这

些需求文档和其他相关文档之间的相互关系，但不包括军事信息系统开发过程中产生的系统设计、测试和维护等文档。版本管理主要包括版本构成和版本控制两部分内容。

1. 军事信息系统需求版本构成

版本构成是版本控制的基础，属于静态部分。版本构成是在需求开发的基础上，采取一定的文档构成方式，组织相应的需求文档进行描述，形成不同类型版本的过程。版本构成可以看作相应需求指标体系的一种文档体系，既要体现单个需求的各种属性，又要体现需求之间的相互联系。因此，版本构成不单是指军事信息系统需求描述文档的形成，同时还要形成与需求描述文档相关的一系列文档。

需求版本构成过程主要包括以下几个活动。

(1) 确定需求版本要素

主要构建与需求描述相关的一系列文档，如调查问卷、会谈纪要等原始文档、需求描述文档、需求验证文档、需求查询文档和需求变更相关文档等。

(2) 构建需求基准版本

需求开发结束后，从文档体系中确定一系列需求基准，作为已知需求的基线，此后的需求变更遵循变更管理过程，可以很容易将已知需求、新需求、抛弃的需求和更改的需求等加以区分。每个版本的需求文档都必须是独立说明、注明版本号，以免将基准版本或新旧版本相混淆。最好是使用合适的管理工具在版本控制下为需求文档定位。

(3) 确定需求版本模型

确定需求版本模型也就是确定需求版本要素的组织方式。目前，需求版本模型可以用一个三维模型来表示，每一个维度都表示了需求版本的一个发展方向（如图 2-40 所示）。

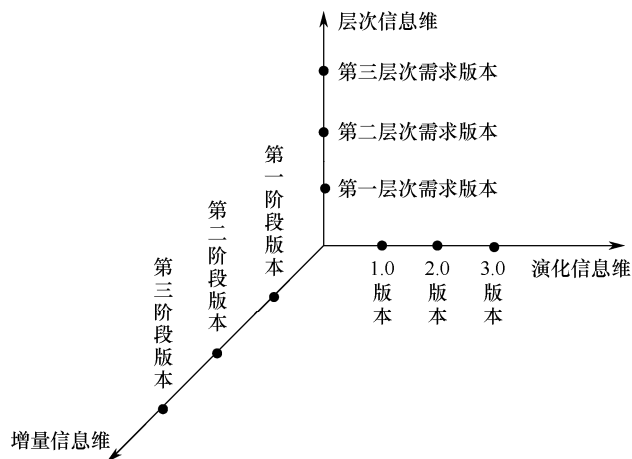


图 2-40 需求版本的三维模型

演化信息维描述的是某一阶段、某一层次的需求版本。即版本是在不断地修改错误、消除歧义而向用户的期望进行演化。

层次信息维描述的是指某一增量阶段、某一演化过程中的需求版本。即版本是在逐级分解、按照人们对需求要素的理解进行层次划分。

增量信息维描述的是由于时间紧迫、任务要求或者技术的不成熟，将需求划分为关键需求和未来需求。关键需求是第一阶段的需求版本，也是优先级最高的需求；未来需求相当于

下一个阶段的需求版本，等到合适的时机再进行开发的需求。

可以看出，需求版本模型起到了承上启下的功能：向前是对需求要素的具体体现，向后是和系统开发各阶段所产生文档直接相连，通过需求版本模型将需求要素和系统开发各阶段文档相连接，如图 2-41 所示。

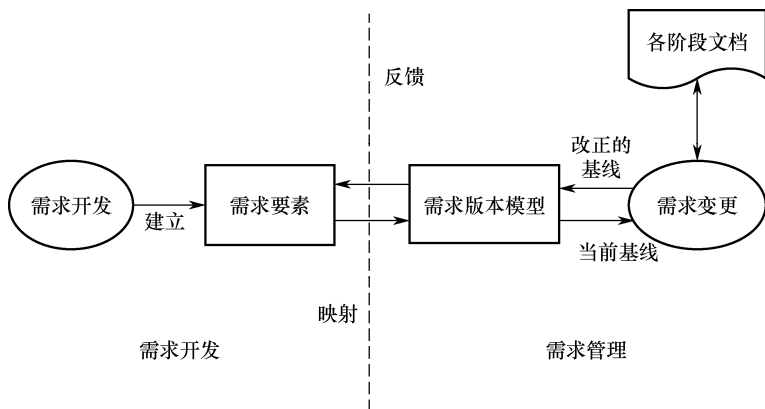


图 2-41 需求版本模型与系统开发过程的关系

2. 军事信息系统需求版本控制

版本控制是版本管理的核心，是广义上的版本管理，属于动态的部分。版本控制本质上是引入一种策略或机制，形成多个组织共同遵守的准则，使得版本管理得到良好的控制。当然，版本控制不是孤立的，是同需求管理的其他要素进行交互的过程。

版本控制主要包括以下几个活动。

(1) 标识版本基线机制

系统开发过程中，不同的团队、不同的时间、不同的地点形成很多文档版本，需要对文档体系中各种文档进行版本标识。版本基线就是达成一致的需求在特定时刻的快照，此后的设计、实现和修改都要遵循这个基线。需求基线是需求变更的基础，当需求存在变更时，都需要对变更后的需求重新进行评审并确定新的需求基线。因此，在版本控制过程，首先要确定的就是该阶段的需求版本基线，并不断地根据需求变更进行基线的修改。

(2) 分发版本状态机制

版本控制过程中，不同类型的版本、版本中的不同类型的文档的流向并不相同，即版本在不同的阶段所具有的状态是不同的。需求的状态是需求的一种属性，是指需求在整个系统建设过程中所处的状态。为了管理需求的状态变化，必须建立需求状态库，用来记录各需求在各个阶段的状态以及发生状态变化的时间。每一个需求版本一般都有四种状态：工作状态、变更状态、待变更状态、实现状态和冻结状态。

- 工作状态是指需求版本处于正常建设阶段，设计人员或者开发人员进行设计和开发时版本的状态；
- 变更状态是指需求版本处于变更审核过程中，变更申请人员、变更管理小组所使用的版本；
- 待变更状态是指需求版本已经通过变更管理工作组的审核，等待发放给相关人员时的状态；

- 实现状态是指需求版本已经通过验证，该需求已经完成；
- 冻结状态可能有两种情况：一种是通过了变更决议已经发放给相关人员进行修改的状态；另一种就是一直保持不变的版本。

版本状态分发的原则是：在合适的时间将合适的版本用合适的方式交给合适的人，使分布式的开发团队内每个成员能够及时地得到所需文档，避免出现开发冲突或者文档误传。

（3）协调版本修改机制

各种文档信息的交流反馈不仅仅是在需求工程团队成员之间，而应该包括在系统建设的各个研发小组之间、用户和开发人员之间。所有这些文档信息的交流、意见的反馈都应得到合理的协调和控制。

（4）版本跟踪机制

版本跟踪是对版本间的关系以及版本内部要素之间的关系进行跟踪。版本跟踪的目的就是在军事信息系统建设的过程中，时刻保持新旧版本间的跟踪关系，一旦需要可以随时提取旧的版本；时刻保持各个要素之间的跟踪关系，一旦需要可以随时在版本内部得到所需的文档。

2.5.2.3 军事信息系统需求跟踪

需求跟踪是需求管理的一个重要部分，也是进行需求变更管理的基础。从软件过程管理的角度，CMM 给出需求跟踪的定义：“在软件工作产品之间，维护一致性。工作产品包括软件计划、过程描述、分配需求、软件需求、软件设计、代码、测试计划以及测试过程。”也就是说，需求跟踪是指跟踪一个需求使用的全过程，也就是从最初的用户需求到设计实现的整个生存期。需求跟踪可以分为正向跟踪和逆向跟踪。其中，正向跟踪是指以用户需求为切入点，检查需求描述文档中的每个需求是否能在后续工作产品中找到对应点；逆向跟踪是指检查设计文档、源代码、测试文档等工作产品，是否能在需求描述文档中找到需求来源。正向跟踪和逆向跟踪合称为“双向跟踪”。

需求跟踪的目标是建立与维护“需求—设计—实现—测试”之间的一致性，使得每一项需求均能追溯到相应的设计、代码和测试用例。同时，各阶段的工作产品也能反向追溯到初始的需求。这样，可以确保每一个软件产品都实现了相应的需求，每一个需求也都有相应的实现。

综合需求跟踪的概念和目标，定义军事信息系统需求跟踪是根据不同的需求跟踪信息类型，采取相应的跟踪能力联系链，建立需求要素跟踪能力矩阵，将单个需求要素和其他系统元素之间的依赖关系和逻辑联系编写成文档，维护需求要素之间的关系以及需求到实现之间的一致性，保证在整个军事信息系统建设的生命周期中所有需求要素的实现。

需求跟踪过程包括编制每个需求与系统元素之间的联系文档，这些元素包括各种类型的其他需求、业务规则、系统体系结构和其他设计组件、源代码模块、测试用例以及帮助文件等。因此，需求跟踪提供了由需求到系统实现整个过程范围的明确查阅的能力，需求跟踪对军事信息系统开发的整个生命周期都具有十分重要的意义。

从军事信息系统需求跟踪的定义可以看出，需求跟踪的方法包括以下几个步骤。

第一步：分解需求。军事信息系统需求指标体系十分庞大，需求是可分为不同的层次、不同类型的，需求涉及的系统因素也不尽相同。因此，需求跟踪的第一步要对需求产品进行分解，该步骤是系统开发的初始阶段完成的。一般由对系统需求非常熟悉的人进行需求的分解，粒度越细越好。

第二步：确定需求的类型和变更方式。需求类型可能的值为原始、需求变更。变更方式可能的值为追加、修正、删除。只有需求类型为“需求变更”时，表 2-3 中后面的列才需要输入数据。需求的类型及变更管理表如表 2-3 所示。

表 2-3 军事信息系统需求分解实例表

NO	大分类	中分类	小分类	需求类型	变更方式	变更时间	变更内容
1	系统管理						
1.1		数据备份					
1.1.1			查询数据	原始			
1.1.1.1			查询数据	变更	修正	20170904	增加一个查询条件
1.1.2			存储数据	原始			

第三步：确定需求所处的开发阶段，设计需求跟踪联系链。该步骤是在开发过程中进行的。需求跟踪联系链是指记录每一个需求要素按照系统开发周期中的不同阶段，由其相关的父层、互联、依赖所组成的关系链。设计需求跟踪联系链的目的就是当某个需求变更（被追加、删除或修改）后，这种变更被正确地传播，并将相关任务做出正确的调整。可见，需求跟踪联系链保证了从作战需求、用户需求向前追溯到系统需求，又保证了系统需求回溯相应的作战需求、用户需求，确认每个需求的追踪关系。此时的需求跟踪表格要在表 2-3 的基础上增加以下列：详细设计（完成时间/确认人）、代码设计（完成时间/确认人）、单元测试（完成时间/确认人）、集成测试（完成时间/确认人）等。只有全部需求的所有阶段都确认完成了，才表明所有需求都被实现了。利用该步骤，可以避免遗漏需求。

第四步：设计需求跟踪矩阵。按照 CMM 的要求，需求跟踪需要编写并维护需求跟踪矩阵，并时刻保持矩阵中每一个需求联系链的一致性。需求跟踪矩阵是在需求跟踪联系链的基础上，通过某种共同的联系将多个联系链组合在一起形成的复杂联系，它保存了需求要素与后续系统开发过程输出的对应关系。

需求跟踪矩阵只是一个称谓，它的表现形式有很多种，可以表现为表格、矩阵和矩阵集合等，比较常用的是矩阵的形式，需求要素或系统元素分别是矩阵的行或列。比较简单的需求跟踪矩阵中，可以在矩阵单元格中添加一个符号表示需求要素之间的依赖关系，矩阵单元格之间可能存在“一对一”、“一对多”或“多对多”的关系。顺着一列阅读，可以看到依赖于这一列需求要素的所有需求要素，顺着一行读，可以看到这一行需求要素依赖的所有需求要素。如表 2-4 所示，列出了一个有 5 个需求的跟踪性矩阵。

表 2-4 需求跟踪矩阵示例

	R001	R002	R003	R004	R005
R001			1	1	
R002	1				1
R003	1		1		
R004		1	1		
R005				1	

这里矩阵的行、列可以表示需求要素，也可以表示如前所述的系统元素，但行和列不能同时为系统元素。矩阵中的每一个行显示了依赖性，R001 依赖于 R003 和 R004、R002 依赖于

R001 和 R005, R003 依赖于 R001 和 R003, R004 依赖于 R002 和 R003, R005 依赖于 R004; 如果 R003 发生变更, 则顺着 R003 所在的列, 就可以发现需求要素 R001, R003 和 R004 是依赖于需求要素 R003 的。因此, 很容易评估 R003 的变更对需求要素 R001、R003 和 R004 的影响。

需求跟踪矩阵的优点是简单易用, 文本处理工具或电子表格工具就能满足需求跟踪要求; 但是如果系统规模很大、需求项很多时, 很多跟踪项信息会在矩阵中重复出现多次, 行、列项的对应关系难以查找和管理, 造成存储的浪费和管理的不便。建立矩阵的时候可以参考需求的稳定性, 只对易变的需求单独建立需求跟踪矩阵, 这样可以减少工作量, 同时便于需求变更时快捷计算。

2.6 军事信息系统需求工程工具

军事信息系统需求工程进行过程中, 需求获取、需求描述与建模、需求验证、需求管理阶段所产生的产品一般是以模型、文档等形式保存的, 由于产品形式多样、数量繁多, 采用手工方式对这些产品进行分析、管理和查询都存在很多困难, 这就必然要求利用信息化手段进行自动化的管理, 即通过需求管理工具辅助人们进行军事信息系统需求工程每一个阶段的工作, 实现以工程化的方法对军事信息系统需求进行有效的管理和控制的目的。

按照所支持的军事信息系统需求工程过程的不同阶段, 军事信息系统需求工程工具可以分为以下几类: 军事需求分析和设计工具、配置管理和需求变更管理工具、军事需求管理工具。

2.6.1 军事需求分析和设计工具

军事信息系统需求开发的过程是一个收集、获取、分析军事信息系统需求的过程, 无论对军事活动进行分析, 还是与军事人员进行沟通, 都需要需求开发人员与军事人员进行大量的交互。军事信息系统需求分析和设计工具正是使用图形化的、易理解的建模方法在二者之间搭建了一座桥梁, 使得军事人员和需求开发人员达成一致, 为军事信息系统需求的获取和开发提供辅助支持。

在军事信息系统需求分析和设计过程中, 统一建模语言 (UML) 提供了很好的对客观世界进行描述和建模的方法, 而作为 UML 的工具实现, 众多企业和个人开发了许多 UML 建模工具, 比较突出的两个商业产品是 Rational Rose 和 Telelogic Tau。而对于军事领域的需求建模支持较好的工具并不多, 比较常用的有作战节点连接关系描述工具 (Operational Node Connectivity Description, ONCD), 下面进行详细介绍。

1. IBM-Rational Rose

IBM-Rational Rose 是面向对象技术分析设计工具的代表, 是一种可视化的建模工具。它采用统一建模语言 (UML) 的表示方法, 不论是在系统需求阶段, 还是在对象的分析与设计、软件的实现与测试阶段, 都能在同一个模型中实现业务建模、对象建模和数据建模, 使所有参与系统开发的人员可以在统一的语言环境中工作于同一模型之上, 方便改善成员之间的沟

通。其次, IBM-Rational Rose 支持多种语言和多种构件的代码生成及双向工程技术, 可实现代码和模型的相互转换和迭代式开发, 能够满足各种建模环境 (Web 开发、数据建模、Visual Studio、C++等) 的需求能力, 且具备足够的灵活性。最后, Rational Rose 可利用自带的模块工具 (Quality Architect) 对系统元素进行测试, 尽早发现需求开发中的问题, 以便产生无歧义的、完整的和一致的需求。

2. Telelogic Tau

Telelogic 公司的 Telelogic Tau 是一套基于 UML 2.0 标准语言的可视化开发平台, 它提供了涵盖从需求分析、系统分析、系统设计、对象设计到实现及测试整个软件开发过程的工具, 能够为项目经理、分析员、系统工程师、设计人员、开发人员及测试人员提供一套集成的开发平台和一系列独特的强大功能。使用 Telelogic Tau 辅助需求开发的优点如下:

- Tau 提供了一个高级的可视化共享建模环境, 让用户可以使用 UML 来无歧义地表达系统构架、设计和行为, 加强了沟通和协调能力。
- Tau 支持动态环境中的可管理过程, 支持迭代式软件开发, 大部分代码自动生成, 即使在模型不完整情况下, 不必写代码就可以仿真, 可以对模型逐步添加细节。
- Tau 支持模型驱动开发, 使设计者将重点放在构架和设计而不是实现的细节, 并可在开发的初期仿真系统, 使得在初期就能发现与消除错误。
- Tau 可以通过定义部件接口来支持基于部件的开发, 不仅可以仿真独立的部件, 也可以仿真基于系统的完整部件。
- Tau 可移植性非常好, 提供了一系列基于角色的工具, 满足不同项目成员的需要。

3. 作战节点连接关系描述工具 ONCD

作战节点连接关系描述 (Operational Node Connectivity Description, ONCD) 是 C⁴ISR 体系结构中作战视图的核心产品。ONCD 是对作战节点之间信息交换需求关系进行描述, 包括作战节点和要素、它们之间的需求线和所交换的信息的特征。每个信息交换以箭头 (表示信息流的方向) 表示, 其附注描述了信息的内容、媒体、容量要求、安全与加密等级、时限、互操作等级。为了在每个节点与节点履行的活动之间提供一种连接, 需要对与给定的信息交换相关联的活动进行某些方面的标注。

通过 ONCD, 作战人员、管理者和高层设计者可清楚看到各作战节点的作战活动和它们之间信息交换需求关系: 通过现有 C⁴ISR 系统相关作战节点之间的连接关系描述, 协商、交流现有 C⁴ISR 系统存在的问题, 改进 C⁴ISR 系统的系统效能, 提高整体作战效能; 通过未来 C⁴ISR 系统相关作战节点之间的连接关系描述, 明确未来设计和开发什么样的 C⁴ISR 系统。

ONCD 层次描述方法是 ONCD 辅助描述工具的基本设计思想。ONCD 层次描述方法的基本原理是: 首先完成粒度较粗作战节点 (高层次作战节点) 间的高层次 ONCD 图; 然后把部分粒度较粗作战节点分解成为若干粒度较细的子作战节点 (低层次作战节点), 用分解得到的作战节点取代其父作战节点位置, 完成低层次 ONCD 图; 低层次作战节点可进一步分解成更低层次作战节点, 分解层次根据描述目的确定。图 2-42 列出了 ONCD 层次描述方法的示意图, 上半部分表示高层次 ONCD 图, 下半部分表示两张低层次 ONCD 图。通常, 一个作战节点分解得到的 ONCD 图称为“节点 ONCD 图”, 一个作战使命对应的 ONCD 图称为“使命 ONCD

图”。使命 ONCD 图是节点 ONCD 图的补充，二者共同构成 ONCD 模型。

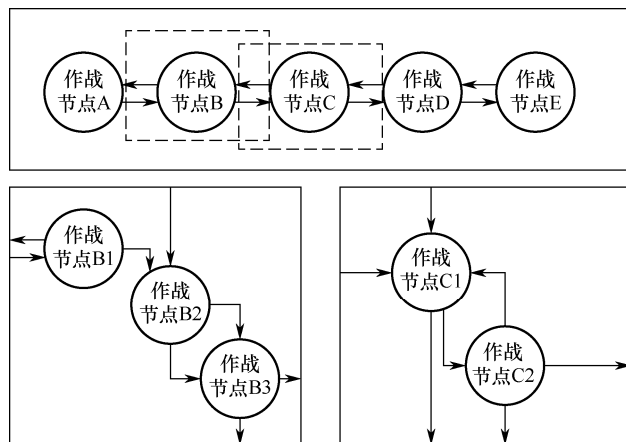


图 2-42 ONCD 层次描述方法的示意图

ONCD 辅助描述工具是为我军军事信息系统分析与设计研究服务的，具有较强的应用针对性。该工具可完成现有 C^4 ISR 系统相关联作战节点之间的连接关系描述，也可完成未来 C^4 ISR 系统相关联作战节点之间的连接关系描述。

2.6.2 配置管理和需求变更管理工具

军事信息系统需求的物化形式是格式化和标准化的需求描述文档。在军事信息系统开发过程中，各种需求间的协作和约束关系错综复杂，单靠需求开发人员人工管理需求间的一致性和完整性，非常烦琐，并且难免有所遗漏。必须通过配置管理工具和变更管理工具，建立并维护生命周期内产品的完整性。在 CMM 标准中，明确规定了配置管理和需求变更管理的相关工作：软件配置管理的主要工作包括通过创建软件配置管理库、定义配置项以及建立和维护各阶段的基线，软件配置管理的目标是标识变更、控制变更、确保变更和报告变更；需求变更管理的主要工作包括控制和记录配置项内容的变更，建立和维护一个系统，并使其追踪和管理需求变更记录和问题报告。常用的软件配置管理工具有 IBM-Rational 公司的 ClearCase、开源工具 CVS 等；常用的需求变更管理工具有 IBM-Rational 公司的 ClearQuest 等。

1. BM-Rational ClearCase

IBM-Rational 公司的 ClearCase 配置管理工具提供了一个开放型的体系构架，用这种体系构架能实现广泛的 SCM (Software Configuration Management, 软件配置管理) 解决方案，支持多种操作平台和开发环境，是个可集成使用的环境。

ClearCase 的主要功能包括版本控制、工作空间管理、并行开发支持、过程控制、构建和发布管理、异地开发支持。ClearCase 主要应用于复杂的产品发放、分布式团队合作、并行的开发和维护任务。

(1) 版本控制：是 ClearCase 的核心功能，帮助项目组利用版本化对象库 (Versioned Object Base, VOB) 完整地保存项目的开发历史，实现对软件资产的有效管理。ClearCase 可以对多种对象类型实现版本控制。

(2) 工作空间管理：ClearCase 的视图为每个开发者提供了一致、灵活的可重用工作空

间域。

(3) 并行开发: 同一软件的多个版本会同时进行开发, 从而有效缩短开发周期。ClearCase 具备分支和合并功能, 这两种功能并行开发成为可能。

(4) 过程控制: 不同的开发组织往往具备小同的组织结构、开发环境和开发策略, 因此, ClearCase 提供了灵活的配置管理策略和配置管理流程。IBM-Rational 公司提供了一个基于最佳实现经验的流程, 即统一变更管理 (Unified Change Management, UCM)。

(5) 构建和发布管理: ClearCase 可以建立可执行代码和源代码之间的跟踪关系, 还可以通过自带的命令进行构建, 实现构建自动化。同时, 不同的视图间可以根据要求共享构建成果, 提供了构建的效率和准确性。

(6) 异地开发支持: ClearCase MultiSite 提供了有效的支持地理上分布团队之间的远程协作, 适用为地理位置分散的团队提供高性能的软件配置管理解决方案。

2. 本控制工具 CVS

CVS 是 Concurrent Versions System 的缩写, 它是一种开放源代码的版本管理工具, 不仅简单易用、功能强大、跨平台, 而且是免费使用的。由于 CVS 采用客户机/服务器存取方法, 开发人员可以从因特网的任何接入点存取最新的代码, 而且客户端工具可以在绝大多数平台上使用。

CVS 不仅仅是配置管理工具, 在软件开发的各个阶段都可以引入 CVS。由于需求分析的结果关系到系统开发的成败和目标产品的质量, 必须对需求进行严格的审查。下面详细介绍 CVS 在需求开发阶段对需求版本进行控制和管理的主要过程:

① 项目负责人提交系统的详细数据流图、数据字典和简明算法描述到 CVS 服务器。

② 开发人员从 CVS 服务器下载, 仔细阅读涉及自己的那部分内容, 同时了解系统的全局需求, 提出自己的理解和建议, 提交新 idea 版本让项目负责人修改, 一般反复交互几次, 直至两者看法一致。

③ 软件测试人员下载已经修改好的需求分析。首先, 详细阅读, 确保需求完整、准确、清晰、具体, 如有问题, 重复①和②两步; 其次, 根据这份需求写出测试计划和较粗略的测试用例, 并提交到测试日志目录下。

此外, CVS 提供了一个强大的功能——对冲突的处理。CVS 有完善的机制手动处理冲突。CVS 提供了自动合并功能, 但是这样合并不能保证整个程序可以正常运行, 尤其是遇到修改同一行且不一致的情况。中文版 WinCVS 集成了合并比较工具 Winmerge 中文版, 使用它可以方便地实现查看不一致情况, 并手动合并修改。

3. IBM-Rational ClearQuest

IBM 公司推出的 Rational ClearQuest 是一个强大而高度灵活的生命周期变更管理软件, 它能在整个软件开发生命周期内捕获、跟踪并管理各种类型的变更请求, 帮助用户以更高的效率交付出更高质量的软件。

针对动态的、不断更新的软件开发工作, Rational ClearQuest 提供了最佳的缺陷和变更管理解决方案, 该系统高度灵活且具有可扩展性, 无论用户使用的平台是 Windows、UNIX 或 Web, 都可以完全自主定制界面和工作流引擎来适应任何开发流程, 并可任意扩展来支持任何规模的项目。Rational ClearQuest 的主要功能如下:

① 自主定制工作流。Rational ClearQuest 工具能够定制软件变更管理过程中的入库流程、

出库流程、更改流程、缺陷管理流程等电子审批流程，使开发团队可以更容易地管理各种类型的变更。

② 模块化管理。**ClearQuest** 能够对软件变更历史记录进行查询，从技术手段上解决了软件变更缺少评审、验证等环节，以及软件变更过程可追溯性差等问题，让软件变更管理过程实现模块化思想，提高了软件变更管理的效率及质量，使得所有的项目团队都工作在同一个配置管理平台上，保证开发进度。

③ 集中存储变更请求。**ClearQuest** 工具允许用户在任何地点通过客户端或 **Web** 方式捕获开发生命周期中的各种变更请求，所有的变更请求都被集中存储在统一的数据库之中，以便进行各种形式的查询。

④ 邮件自动通知功能。当系统内提交了新的变更请求或已有变更请求的状态发生变化时，**ClearQuest** 利用企业现有的邮件服务系统通过电子邮件通知相关的人员，从而促进团队的沟通和协作。

⑤ 统计指标数据。**ClearQuest** 提供查询、图表和报告等功能，能够生成多种统计分析图表和项目状态报告，使项目管理人员能够方便、准确地得到项目统计指标数据。

2.6.3 军事需求管理工具

军事信息系统需求管理工具的主要任务，是将某些计算机工具通过内在联系与相互作用形成有机整体，对需求开发过程中的需求文档和需求版本进行有效的辅助管理和控制。军事信息系统需求管理工具虽然不能帮助我们获得正确的需求，但使用这些工具可以管理和控制需求变更，使需求成为设计、实现、测试等系统建设的基础。

当前，需求管理工具在国外的发展已经有一定的规模。在我国，除了少数几家大型软件公司，对需求管理工具的了解和使用都还处于起步阶段。当前，国外常用的几种商用需求管理工具有 **Rational** 公司的 **Rational Analyst Studio**，**Telelogic** 公司的 **DOORS**，**Igatech** 公司的 **RDT**，**Technology Builder** 公司的 **Caliber RM** 等。其中，**Caliber RM** 和 **DOORS** 以数据库为核心，把所有的需求属性和跟踪能力信息存储在数据库中，需求可以从不同的源文档中产生，但结果都保存在数据库中。**Rational Analyst Studio** 和 **RDT** 以文档为核心，使用 **Word** 等字处理程序制作和存储文档，通过允许选择文档作为离散需求存储在数据库中。常见需求管理工具的比较见表 2-5。

表 2-5 常见需求管理工具的比较

工具名称	需求描述与建模能力	对需求基线的管理	对需求变更的管理	需求跟踪能力	兼容性
Rational Analyst Studio	用例建模描述需求，并定义需求的优先级、状态、程度等	自动跟踪需求版本的变化并记录变化原因	记录需求项的变更原因、估计变更对其他需求项的影响	每一个用例的变化能跟踪到需求，并自动生成测试用例	与 Microsoft Word 无缝集成
Telelogic DOORS	企业级的产品，提供了 OneClick 操作描述需求项，并为每个需求项标识状态	具有需求基线管理功能，可比较不同基线的需求差异	支持需求变更的提交、评审、应用，并自动通过 E-mail 通知开发团队成员	可以自定义不同等级的从需求、设计、代码到测试的跟踪关系，支持用户同时观看所有相互依赖的需求项	与 Microsoft Word、Excel 兼容

(续表)

工具名称	需求描述 与建模能力	对需求基线 的管理	对需求变更 的管理	需求跟踪能力	兼容性
RM Workshop 5.0	分析文档提取需求项，为不同类别的需求定义不同的属性	记录需求基线变化的能力有限	本身没有需求变更管理系统，依赖与配置管理工具的集成	可以自定义每一项需求的跟踪关系	基于 Oracle 数据库技术
RDT3.0	从文档中提取需求项，并为每个需求项定义属性	自动跟踪版本修订以及需求基线的分配	有变更申请管理；申请被接受后，对需求数据进行相应操作	可实现从需求到设计、开发、测试等全过程的跟踪	与 Microsoft Office 无缝集成

除了上述四种需求管理工具，市场上还出现了能够对多种需求进行管理的 CASE 工具，这些工具各有所长，应根据具体情况来选用最合适的工具。

军事信息系统体系结构技术

信息化战争是交战双方体系与体系的对抗，基于信息系统的体系作战能力是信息化条件下战斗力的基本形态。体系作战能力不仅取决于作战体系构成要素的强弱，更取决于作战要素的组合状态。体系结构作为军事领域作战体系顶层设计的方法论，是军事信息系统建设中的一个重要环节，直接决定着军事信息系统建设实战化、一体化的重要基础。充分认识并深入研究体系结构的基本内容，科学把握体系结构设计的原则和方法，是进一步指导军事信息系统的设计、实现和使用的客观需要，也是不断提升体系作战能力的必由之路。

本章阐述军事信息系统体系结构的概念、特点和作用，介绍美国 DoD 体系结构框架，以及体系结构开发方法、体系结构验证评估方法等方面的内容。

3.1 军事信息系统体系结构概述

3.1.1 军事信息系统体系结构的概念

3.1.1.1 体系、结构与体系结构

“体系”是一个科学术语，泛指一定范围内或有关事物按照一定的秩序相互联系、相互制约而构成的一个整体，如社会体系、人文体系等。“体系”与“系统”密切相关，是“系统的系统”，又称为复杂巨系统或大系统，有时系统中含有体系，有时体系中包括系统。

“结构”最初是指“建筑上受力部分的构造”。后来，主要用于描述具体事物的各个部分构成一个整体所采取的方式。依据系统科学的观点和方法，结构（Structure）是指系统保持整体性及具有特定功能的内在必然性。因此可以认为，结构是系统内部组成要素之间相互联系的总和，是事物内部相互作用的方式或秩序。在很多情况下，结构对体系的属性、功能和效用有决定性意义，结构越科学合理，体系功能的整体性、高效性和稳定性越强。

体系结构（Architecture）一词在英语中最早用于建筑业，表示建筑学、建筑式样、建筑物等。后来，人们借鉴建筑学中的许多思想，将 Architecture 一词广泛应用到计算机硬件、系统工程等领域，提出了计算机体系结构、系统体系结构等概念。

1987 年，J. A. Zachman 最早提出了信息系统的体系结构描述框架，他将体系结构定义为：

与需求描述有关的一系列描述性表示,可用来开发满足需求的系统、作为系统维护的依据。该定义主要关注体系结构描述的内容和体系结构的作用。

1996年,国际系统工程理事会(INCOSE)对系统体系结构的定义是:用系统元素、接口、过程、约束和行为定义的,基本的和统一的系统结构。该定义主要关注系统的组成要素、元素间的关系和约束以及动态特性。

2000年,IEEE标准P1471-2000中将软件密集系统的体系结构定义为:通过系统组件、组件之间的相互关系及与环境的关系以及指导系统设计和演化的原则体现出来的一个系统的基本构成。该定义主要关注系统的组成元素、元素间关系和约束以及演化特性。

2007年,美军C⁴ISR体系结构框架DoD AF 1.5中将体系结构定义为:系统各组件的结构、它们之间的关系以及指导它们设计和随时间演化的原则和指南。该定义主要关注系统的组成元素、元素间关系和约束以及演化特性。

尽管上述定义各不相同,但其核心内容涵盖了系统部件、部件之间的交互关系、约束、行为以及系统的设计、演化原则等方面的内容。可以认为,体系结构是用来明确信息系统组成单元的结构及其关系,以及指导系统设计和演进的原则与指南,涵盖了系统组成单元的结构,组成单元之间的交互关系、约束、行为,以及系统的设计、演化原则等方面的内容。体系结构的构成要素主要包括三个方面:组成单元的结构、组成单元之间的关系以及指导设计和演进的原则与指南,如图3-1所示。

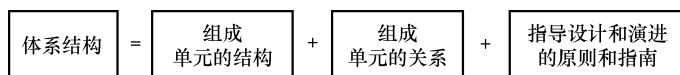


图 3-1 体系结构的构成要素

需要说明的是,体系结构中的组成单元不仅包括软件、硬件等物理部件,还包括数据、活动、人员等逻辑部件;组成单元之间的关系包括层次、布局、边界、接口关系等;体系结构所研究的系统结构不仅包括系统的物理结构,还包括较高抽象层次上的逻辑结构。

3.1.1.2 军事信息系统体系结构

军事信息系统是应用在军事领域中的一类特殊信息系统。在信息化条件下,军事信息系统的开发和建设涉及多级、多类、多域等因素制约,系统构成要素众多,内部结构复杂,是一个极其庞大的人机系统。目前,虽然我军对军事信息系统体系结构的内涵界定尚未形成统一的认识,但与美军C⁴ISR系统在发展趋势和理念上是基本一致的。

如同建筑设计一样,美军在进行C⁴ISR系统建设时,要求先设计出系统的体系结构,并根据体系结构确定相应的投资和开发计划,指导系统的研制和建设。随着信息技术的发展和广泛应用,美军已将体系结构技术的适用范围从C⁴ISR领域扩展到国防部的各个任务领域,并将其作为构建一体化武器装备体系、实现转型的重要技术手段。从发展历程看,体系结构技术在C⁴ISR领域的应用源于美军各个军种在C⁴ISR系统的体系结构开发实践。美国国防部先后研究推出了国防部体系结构的系列措施,发布了多个应用领域的体系结构框架版本。1996年10月,美国国防部为规范综合信息系统的建设,制订并发布了《C⁴ISR体系结构综合框架》1.0版本;1997年,美军将监视、侦察纳入综合C⁴I系统,形成了我们今天所说的C⁴ISR系统概念,即综合信息系统的雏形基本形成。美国国防部参考并扩展了关于体系结构的定义,提出综合信息系统体系结构的定义是:指挥、控制、通信、计算机、情报、监视与侦察系统各

组成单元的结构、它们的关系以及制约它们设计和演进的原则与指南。

2000年, IEEE STD 1472提出“体系结构是概括系统的组成部分、它们相互之间的关系、对环境的关系和指导设计以及演进原则的基本组织”,这个定义补充了系统及各组成部分对环境的关系。参照美军对综合信息系统体系结构的研究成果,结合我军军事信息系统的建设实际,可将军事信息系统体系结构定义为:整个军事信息系统组成部分的结构、组成之间和环境之间的关系以及自始至终指导其设计和随时间演化的原则和指南。

3.1.2 军事信息系统体系结构的特点

体系结构在军事领域的应用范畴非常广泛,可以是某个具体的信息系统,也可以是某战区、军兵种,这与它所具有的内在特点是分不开的。军事信息系统体系结构主要有以下特点。

(1) 体系结构是对复杂军事信息系统的一种抽象

研究体系结构的根本原因在于军事信息系统复杂性的不断提高,这增加了人们对系统理解和描述的难度。而抽象是处理复杂问题的一种基本方法,它抽取事物最基本的特性和行为,忽略不必要的细节信息。军事信息系统体系结构通过在高层次上定义系统的组成结构及其交互关系,隐藏系统组成部分的细节信息,提供了一种理解、管理复杂军事信息系统的机制。这种高层次的系统设计抽象使得对军事信息系统的表述变得简单化,具有很强的信息传递的能力。系统的大多数风险承担者(如系统用户、设计者、实现者和维护者等)都可以把体系结构作为互相交流、沟通的基础,达成共识。

(2) 体系结构为军事信息系统的早期开发提供指导

首先,体系结构通过制定系统建设的总体目标和明确各类开发人员的主要任务,为系统开发人员提供一种实现的指导依据。在实现系统时,系统开发人员必须以体系结构所体现的结构性设计决策为基础,开发规定的系统部件,并以规定的方式实现部件之间的交互,从而约束系统的详细设计和实现。由于这些宏观指导是在系统级做出的,部件的实现者只需要知道自己所负责部件的约束。这样,可以分离不同人员的工作重点,体系结构的设计者不必掌握系统的所有设计细节和实现技术,只需重点考虑系统的总体权衡问题;而部件的开发人员在体系结构给定的约束下进行工作。其次,体系结构会影响系统开发人员的组织结构。体系结构规定待开发系统的结构,这个结构会反映到开发工作的分解,直到开发人员的组织结构。

(3) 军事信息系统体系结构在相当长的时间内保持稳定

通常,任何系统都会随着用户需求的变化、技术的进步而不断地升级、演化,体系结构也会随着时间的推移发生变化。不同的是,与体系结构所实现系统的变化相比,体系结构本身的变化要慢得多。系统的变化通常有三类:局部的、非局部的和体系结构级的。局部的变化是指只要修改单个部件本身;非局部的变化是指要修改多个部件,但对基础体系结构无影响;体系结构级的变化是指会影响各部件的相互关系,甚至要改动整个系统。由于具有稳定性,设计良好的体系结构可以保证,在相当长的时间内系统可能发生的变化是局部的或非局部的。如果一个系统经常发生体系结构级的变动,那么它的体系结构设计是失败的。

(4) 军事信息系统体系结构可重用

在理想的情况下,体系结构描述的各组成部分都是被独立地定义的。因此,可以在不同的场合中得到重用。体系结构重用有两种:一种是体系结构级重用,即同一体系结构可被应用于有类似需求的其他系统,开发出多种不同的系统;另一种是部件级重用,即体系结构设

计者利用体系结构抽象能够复用一些经过实践证明有效的体系结构部件。通过重用可以节约研制经费,提高设计的效率和可靠性。

(5) 军事信息系统体系结构具有制约性

体系结构在很大程度上决定系统能否达到其需求的质量特性。系统的质量特性可以分为两类:一类是通过运行系统并观察其效果来度量的特性,如功能、性能、可靠性、互操作性等;另一类是指通过观察开发活动或维护活动来考察的特性,如可移植性、可重用性等。还有一些体系结构方面的决策,如部件的层次、功能的划分等,会影响系统的某些质量特性,对这些质量特性的权衡也要在体系结构中得到体现。需要指出的是,系统的详细设计、实现等方面也会影响系统的质量特性,好的体系结构只是保证系统达到其需求的质量特性的一个必要条件,而非充分条件。

3.1.3 军事信息系统体系结构工程

3.1.3.1 体系结构工程的概念

体系结构工程是军事信息系统开发过程的一个重要阶段。所谓军事信息系统体系结构工程,就是采用工程化的原则和方法,开发和维护系统体系结构的有关技术和管理方法。在军事信息系统工程中,体系结构工程位于需求工程和系统的详细设计之间,它强调一种组织良好、管理严密、各类人员协同配合的设计理念。其目标是在给定成本、进度的前提下,设计开发出具有可理解性、可追踪性、可验证性和可修改性等特点,并满足军事人员需求(包括功能需求和非功能需求)的军事信息系统体系结构。

军事信息系统体系结构工程由方法、工具和过程三部分组成。体系结构方法是开发体系结构的技术手段,它支持体系结构设计各个阶段的活动,如设计、验证、评价和维护等;体系结构工具是为体系结构方法和体系结构管理提供自动的或半自动的软件支撑环境;体系结构过程是在软件工具支持下,由体系结构设计者完成的一系列工程活动。体系结构过程规定了体系结构方法的流程、需要交付的文档资料、为保证质量和协调变化所需要的管理以及体系结构开发各个阶段完成的里程碑等。

通常情况下,体系结构设计者在理解用户业务流程和业务需求的基础上,从总体上把握系统的结构,确定系统与外界环境之间以及系统内各组成部分之间的接口、通信和信息交换关系,而不涉及系统设计的细节。体系结构工程是一个系统的、协同的和反复的过程,是一个由军事人员、系统设计和实现者等众多风险承担者参与的复杂活动,涉及人们的认知、表达方式以及军事作战等众多领域的问题。

3.1.3.2 体系结构工程的基本阶段

根据体系结构所处的状态、特征以及体系结构开发活动的目的、任务,将体系结构工程的基本阶段分为问题定义、设计、评估验证、发布应用和使用维护5个阶段,如图3-2所示。每个阶段都有相对独立的任务,前一个阶段任务的完成是开始后一个阶段工作的前提和基础。从图3-2可以看出,体系结构工程各阶段之间的关系是一个带有反馈的迭代过程。

(1) 问题定义阶段

通常,在开发体系结构之前,体系结构设计者首先体系结构开发目的和用途,尽可能收集军事领域知识,如军事术语、指挥业务流程、组织结构、指挥关系、战术条令、条例等,

进而确定体系结构设计范围、详细程度和时间帧，制定体系结构的开发计划，包括开发工具的选取、拟采用的体系结构框架、确定体系结构的开发方法以及进度安排等。

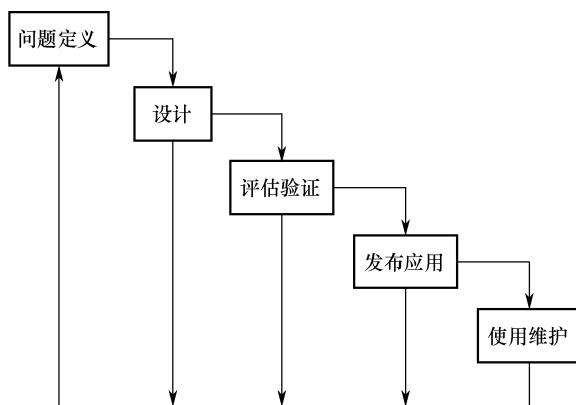


图 3-2 军事信息系统体系结构工程的基本阶段

（2）设计阶段

在体系结构设计阶段，首先运用问题定义阶段确定的设计方法，遵循体系结构工程原则，有步骤地制定系统的总体技术实施方案，确定体系结构设计的步骤、内容和工具；其次结合当前系统需求和现有系统的组成、布局、关系、技术等现状，确定系统与外界环境之间以及系统内各组成部分之间的接口、通信和信息交换关系，形成初步的系统综合集成方案；最后是构建体系结构知识库，集成体系结构设计成果，为体系结构的发布应用和维护管理做准备。

体系结构设计的内容需要符合某种体系结构框架，设计者必须按照体系结构框架的要求描述、记录体系结构设计结果，并注意保证体系结构描述内容符合一定的语法规则和语义规则。体系结构设计完成后，还要对体系结构描述进行语法、语义正确性检查和一致性、完备性检查。

体系结构与系统设计是不同的。体系结构设计主要分析不同选择方案的差异、确定实际需求、推进多个系统的综合集成，实现共同应用的目标；而系统设计的主要目的是用于分析系统的组成部分、构建系统或是当系统改进后搞清系统配置的变化。

（3）评估验证阶段

体系结构评估根据决策者的要求建立一套评估指标体系，选择合适的评估方法，按照一定的过程评判各种设计方案的优劣，并加以比较分析，为决策者从多种体系结构候选方案中择优提供科学的依据。

体系结构验证主要是制定验证的方案和标准，确定设计阶段得到的体系结构描述是否满足系统的功能需求和非功能需求，据此初步判断依据体系结构设计出来的系统能否满足军事人员的需求。此阶段主要关注两个方面：一方面以需求方为主，将体系结构设计成果与需求分析成果进行对比分析，验证满足需求的程度；另一方面以验证专家为主，对设计成果的正确性、一致性、完备性、可操作性等进行确认、评估和校验，针对发现的问题进行修改完善。

（4）发布应用阶段

主要是宣示体系结构的设计方法，组织人员培训，通常以网站、文档和移动媒介等形式发布体系结构的设计成果，授权各部门访问使用，同时进行体系结构成果的应用管理、安全管理和修改控制管理。

（5）使用维护阶段

体系结构使用是将设计好的体系结构用于特定的目的。体系结构维护是对体系结构描述进行修改或对系统需求变化做出响应的过程。当发现体系结构描述中的潜在错误、用户提出系统修改需求、或系统的升级演化，都需要对体系结构进行维护。

以上 5 个阶段环环相扣，紧密衔接，不能企求越过某个阶段而直接进入后续阶段。随着军事信息系统复杂性的增加和信息技术的不断发展，体系结构工程将作为一项长期的任务，不断向前推进。

3.2 军事信息系统体系结构框架

3.2.1 体系结构框架相关概念

1. 体系结构和体系结构描述

体系结构和体系结构描述是两个不同但相互关联的概念。

从体系结构的概念可以看出，体系结构是用来明确系统的组成以及相互关系，以及它们随时间演进的原则，体系结构是对系统的高层抽象，决定了系统的功能和性能。

IEEE STD 1471-2000 认为体系结构描述是描述体系结构产品的集合。美国国防部体系结构框架认为，体系结构描述是对被定义域的当前或未来、域内的各组成单元、单元的作用和相互关系，以及运行规则和约束条件的表示。可以认为：体系结构描述是对体系结构设计的结果，即体系结构的规范表述，必须回答“描述什么”“怎样描述”“用什么描述”等基本问题。

由此可见，体系结构是一个抽象的概念，是实实在在的客观存在；而体系结构描述是体系结构的形象表现，是一个具体的事务，全面反映系统结构和行为的整体情况。通常，体系结构描述中包括：

- 系统的组成；
- 系统的主要功能以及功能分配；
- 系统之间的关系、接口；
- 系统的分布与部署；
- 组成、结构、接口关系随时间的演化过程；
- 系统实现的技术限制等。

2. 体系结构框架

体系结构开发涉及各种复杂的业务和技术领域，由于不同领域人员知识结构存在差异，相互之间的交流比较困难。如果没有任何约束，人们会根据自己的习惯和爱好描述体系结构的设计内容，势必造成体系结构描述的内容和形式不统一，最终影响体系结构的使用效果。

“框架”的英文单词是“Framework”，本意是支撑或围住其他物体的结构。在建筑领域，人们通常制定制图标准来规范建筑蓝图的绘制，进而形成建筑结构（框架）。在系统工程领域中，人们沿用这层含义，通过构建体系结构框架来规范体系结构描述，进而指导体系结构的设计，勾画出系统的体系结构。可见，体系结构框架是为指导和规范体系结构设计而制定的

规范化描述方法，包括通用术语和词汇，体系结构内容的描述等，在体系结构开发中发挥着重要作用。

图 3-3 列出了体系结构、体系结构描述和体系结构框架三者之间的关系：体系结构描述是对体系结构的具体化和表现，体系结构框架是指导体系结构描述的规范化方法，利用体系结构框架对体系结构进行描述，得到的结果就是体系结构。

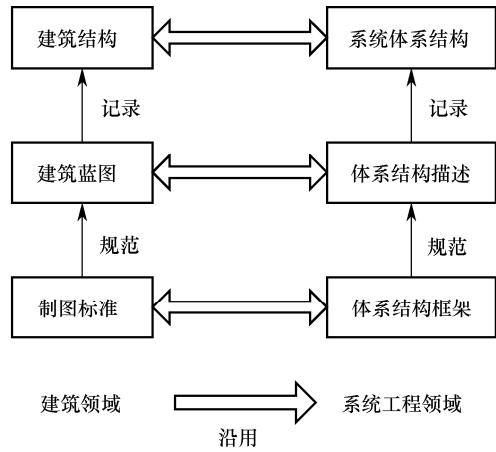


图 3-3 建筑领域与系统工程领域相关概念对比

目前，颁布了多种体系结构框架，如 Zachman 框架、美国联邦企业体系结构框架 (FEAF)、美国国防部体系结构框架 (DoD AF)、英国国防部体系结构框架 (MoD AF)、开发组织体系结构框架 (TOG AF)，有些框架还进行了多次版本升级。在这些体系结构框架中，Zachman 框架是最经典、最基础的体系结构框架，美国的 DoD AF 的影响和应用范围较广，下面将详细介绍。

3.2.2 Zachman 体系结构框架

Zachman 框架是 John A. Zachman 教授在 1986 年提出的，它是一个经典的企业体系结构框架。Zachman 框架是一种通用的分类方法，它能够方便地在整体与部分、规划设计与实现之间建立平衡关系，它是一个易于理解和表现的逻辑结构，适合描述复杂的对象。

Zachman 框架模型的主要特点是从多个不同的角度描述系统体系结构框架的不同方面，从而形成对系统整体的描述。Zachman 框架主要包括两方面的内容：一是建立复杂系统工程中不同人员从不同视角对系统体系结构的描述模型；二是为了不同目的而从不同方面对同一系统建立不同描述模型。目前，Zachman 框架主要从 6 个视角设计体系结构框架中的 6 个不同方面。通常，该框架由 6 行 6 列矩阵组成，每一行表示不同人员的视角，每一列反映关注的不同方面。Zachman 框架模型如表 3-1 所示。

表 3-1 Zachman 框架模型

	数据/实体 (What)	功能 (How)	网络 (Where)	人员 (Who)	时间 (When)	目标 (Why)
范围层 (计划者视图)	业务对象列表	业务过程列表	业务场所 列表	重要的组织列表	重大事件 列表	企业目标/战 略列表

(续表)

	数据/实体 (What)	功能 (How)	网络 (Where)	人员 (Who)	时间 (When)	目标 (Why)
企业模型层 (所有者视图)	概念数据 对象模型 语义模型	业务过程模型	业务分布 模型	工作流 模型	控制时序	企业计划
系统模型层 (设计者视图)	逻辑数据 模型	应用 体系结构	系统地理 分布结构	人机交互结构	过程结构	商业规则模型
技术模型层 (实现者视图)	物理数据模型	系统设计	技术体系 结构	表现结构	控制结构	规则设计
部件层 (程序员视图)	数据定义	程序	网络结构	安全结构	时序定义	规则说明
产品层 (使用者视图)	数据	功能	通信设施	人员	业务事件	动机

在表 3-1 所示的 Zachman 框架模型中, 第 1 列是 What 视图, 主要描述系统涉及的数据、实体及其关系; 第 2 列是 How 视图, 主要描述系统要完成的功能; 第 3 列是 Where 视图, 主要描述系统的分布和连接关系; 第 4 列是 Who 视图, 主要描述完成各项功能和任务的责任人; 第 5 列是 When 视图, 主要描述系统中各事件的时间关系; 第 6 列是 Why 视图, 主要描述企业目标。第 1 行是范围层, 主要从计划者的视角描述系统的体系结构; 第 2 行是企业模型层, 主要从所有者的视角完成系统的业务设计, 描述参与业务的实体及其活动过程; 第 3 行是系统模型层, 主要由设计者根据企业模型确定实体的数据元素和系统要实现的功能; 第 4 行是技术模型层, 主要任务是将设计的信息系统模型变为程序语言、输入输出设备或其他细节; 第 5 行是部件层, 主要由程序员编码实现模型; 第 6 行是产品层, 从使用者的角度对系统结构进行概要描述。矩阵的行和列的交叉点(即矩阵的元素)对应 Zachman 框架中的模型。这些模型构成了不同视角下对不同视图的描述。

系统体系结构的设计内容包括多个方面, 如数据、功能、结构等, 这些内容组成每个视角完整的结构。Zachman 框架共有 36 个产品, 描述计划者、所有者、设计者、实现者、程序员以及使用者对数据、功能、位置、人员、时间和规则的关注情况, 这些体系结构产品以视图的形式表现, 互相补充, 从不同的方面反映体系结构的设计内容。

需要说明的是, Zachman 框架中给出的模型主要明确要设计的内容, 并没有给出具体的描述和分析设计方法。很多常用的系统分析设计方法都可以对应到 Zachman 框架的不同模型, 如结构化分析与设计方法的设计要素对应到应用体系结构、人机交互结构、系统设计、表现结构等模型; 信息资源规划方法对应到业务对象列表、语义模型、逻辑数据模型、物理数据模型等。因此, Zachman 框架是一种最原始、最基础的体系结构框架, 很多企业体系结构框架以及军队多种体系结构都是在其基础上发展而来的。

3.2.3 美国 DoD 体系结构框架

美国颁布的体系结构框架版本最多, 体系结构框架的应用最普及。目前, 美国已经正式颁布了 5 个版本。1996 年和 1997 年, 美国国防部先后颁布了 1.0 版和 2.0 版的《C⁴ISR 体系结构框架》。随着体系结构框架应用的不断扩展和信息技术的不断发展, 美国国防部于 2003

年颁布了美国《DoD 体系结构框架》1.0 版（简称 DoD AF 1.0），并不断完善修改，先后于 2007 年颁布了 1.5 版和 2008 年 2.0 版草案。这些体系结构框架是指导国防部不同任务领域开发体系结构的指南，有利于快速确定作战需求，提高采办效率，缩短采办周期，将对美军未来 C⁴ISR 系统的发展产生重大影响。

DoD 体系结构框架由公共定义、开发指南、公共产品和通用参考资源共四部分组成，为开发和描述 C⁴ISR 系统体系结构提供了规则、指导和产品描述，保证了在理解、比较和集成体系结构时有一个公共的标准，便于体系结构描述在不同的机构、多国系统之间进行比较和关联。

- 公共定义部分规定体系结构的描述视图，给出作战、系统和技术标准视图的定义，明确各视图之间的关系。
- 开发指南部分提出体系结构开发的若干指导原则和基本步骤。
- 公共产品部分为每个视图定义若干图形、文字或表格形式的通用产品模板。
- 通用参考资源部分给出建立体系结构产品必须参考的指南、模型和信息标准。

3.2.3.1 体系结构视图

DoD AF 1.0 体系结构框架定义了三种相关的体系结构视图：作战视图（OV）、系统视图（SV）和技术标准视图（TV），分别从作战需求、系统设计以及技术标准三种视角来描述体系的体系结构。

作战视图用于描述作战的任务和行动、作战元素、作战组织以及完成作战任务或行动所需的信息流，通常采用图形方式。作战视图的主要目的是清楚、完整地描述作战任务对系统的需求，如信息交换所支持的作战任务或行动以及信息交换的类型、频率等特征，为系统总体设计奠定基础。

系统视图用于描述体系结构中的特定系统的内部结构和运行原理，说明多个系统如何互联和互操作，是作战需求的系统实现方案。系统视图构建了系统的物理资源及其性能特征与作战视图、技术标准视图的联系。

技术标准视图用于描述指导和约束系统的标准和规范，通常包括一系列技术标准、实现协议、选项、规则和准则，其目的是确保组成的系统满足一系列特定的要求。同时，技术标准视图决定了特定系统视图的基本功能、接口和相互关系，并与特定的作战视图建立联系，为系统实现提供技术方针和指南。

以上三种视图在逻辑上构成一个整体，共同描述一个完整的体系结构。DoD AF 1.0 中三种视图之间的关系如图 3-4 所示。作战视图以作战任务为基础，确定作战人员关系和信息需求，提出作战任务所要求的信息交换和信息处理；系统视图建立系统能力和特征与作战需求的联系，提出满足信息交换所需的特定能力，确保作战视图中描述的信息交换和活动需求能够实现；技术标准视图描述具体的标准和规范，提出支配系统互操作能力的技术准则，为作战视图提供了基本的技术支撑能力和新的技术能力。

DoD AF 1.5 体系结构框架定义了四种视图：作战视图（OV）、系统与服务视图（SV）、技术标准视图（TV）和全视图（AV）。作战视图用于描述作战节点、作战任务或活动，以及为完成使命所必须交换的信息；系统与服务视图用于描述系统、服务和为支持作战活动完成的系统功能；技术标准视图用于管理系统组成部分的配置、相互作用和相互依赖的标准和协议；全视图（AV）主要描述体系结构全局方面的内容，限定要生成的体系结构的范围、目的、背景等，说明采用的工具和格式，并给出结论和综合词典。

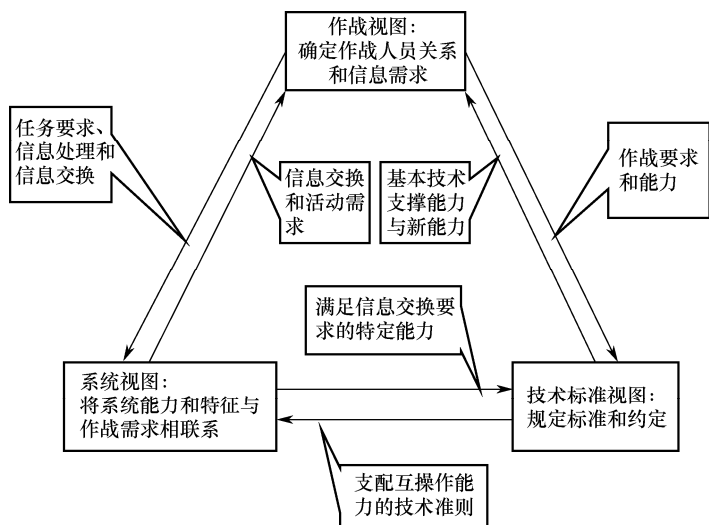


图 3-4 DoD AF 1.0 体系结构框架中三种视图之间的关系

需要说明的是，全视图并不是和作战视图、系统视图、技术标准视图并列的第四种视图，它只是包含体系结构的范围、背景和术语等顶层描述的一个视图。DoD AF 1.5 中四种视图之间的关系如图 3-5 所示。

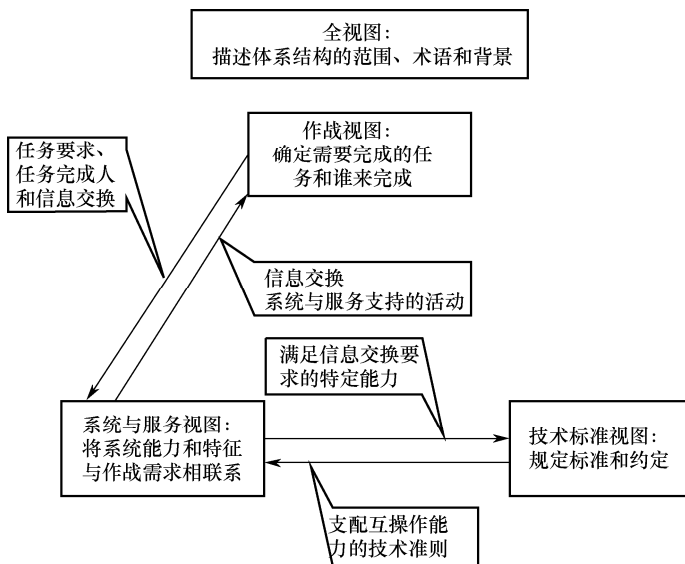


图 3-5 DoD AF 1.5 体系结构框架中四种视图之间的关系

在 DoD AF 1.5 基础上，DoD AF 2.0 体系结构框架强调体系结构数据支持分析与决策，重视体系结构数据的收集、分组和维护，进一步扩展了体系结构视图的种类，共定义 8 种视图：全视图（AV）、能力视图（CV）、数据与信息视图（DIV）、作战视图（OV）、项目视图（PV）、服务视图（SvcV）、系统视图（SV）和标准视图（TV）。其中，全视图、作战视图、系统视图和标准视图与以前版本基本相同。能力视图用于描述体系结构总体能力目标，或者是在特定标准和条件下，通过整合多种手段和方法完成一系列任务，以达到预期效果的能力；数据与信息视图用于描述体系结构的业务信息需求和结构化业务处理规则，该视图给出与体系结

构信息交换有关的信息，如属性、特征和相互关系等；项目视图用于描述如何按照投资组合对采办项目进行分组，该视图提供一种描述多个采办项目之间组织关系的方式；服务视图用于描述系统、服务及其在保障或支持作战行动中的互联能力，该视图的各种功能、服务资源及其组成与作战视图产品相关联，用于支持各种作战活动和信息交换需求。DoD AF 2.0 中 8 种视图之间的关系如图 3-6 所示。

全视图： 描述体系结构的范围、术语背景等	数据与信息视图： 描述体系结构内容的信息需求和业务处理规则	标准视图： 描述可应用到体系结构的标准和约定	能力视图： 描述能力要素、交付时间以及部署后的能力	项目视图： 描述作战与能力需求及采办项目间的关系，能力管理与采办程序间的从属关系
			作战视图： 描述作战想定、程序、活动及需求	
			服务视图： 描述系统、服务及信息交换规则	
			系统视图： 描述系统组成部分、连接关系及规则	

图 3-6 DoD AF 2.0 体系结构框架中 8 种视图之间的关系

显然，无论采用哪种体系结构框架，其视图都是通过图形、表格或文字产品来描述体系结构的某些特征，一些特征还会横跨两个或者多个视图，并给综合集成后的体系结构提供一致性、完整性和连贯性支持。例如，在 DoD AF 1.0 中，作战视图和技术标准视图对系统视图都有约束作用，系统视图不仅要满足作战视图提出的军事需求，而且要遵守技术标准视图对系统体系结构设计的技术限制。

3.2.3.2 DoD AF 2.0 体系结构产品

体系结构最终是通过体系结构产品来描述的。体系结构产品是建立体系结构过程中开发的一系列图形、文本和表格的集合，它们描述了与该体系结构开发目的相关的特征。当体系结构产品作为体系结构的一部分使用时，所有的产品都应当有一个解释性的文字说明。即使用图形描述产品时，在相应的文字说明中也应当给出图形中相应缩写的完整拼写和解释。

在 DoD AF 1.0 体系结构框架中，定义了 26 种体系结构产品，分别属于作战视图、系统视图和技术标准视图；在 DoD AF 1.5 体系结构框架中，强调以数据为中心的规范性、可重用性、互操作性和可维护性特色，共定义了 29 种体系结构产品，分别属于全视图、作战视图、系统与服务视图和技术标准视图。在 DoD AF 1.5 基础上，DoD AF 2.0 不断完善和细化体系结构视图和产品，体系结构产品集从最初的 26 个产品增加至 51 个产品，如表 3-2 所示。

表 3-2 DoD AF 2.0 体系结构产品

视图	产品编号	产品名称	概要描述	与 1.0 版产品的对应
全视图	AV-1	概述和摘要信息	说明体系结构的范围、用途、用户和设计分析的结论	AV-1
	AV-2	综合字典	定义所有产品中使用的全部术语	AV-2
能力视图	CV-1	构想	描述对转型的总体构想	
	CV-2	能力分类	能力的层次说明	
	CV-3	能力阶段划分	在时间段或时间点上计划获得的能力	

(续表)

视图	产品编号	产品名称	概要描述	与 1.0 版产品的对应
能力视图	CV-4	能力从属关系	计划能力之间的关系, 能力的逻辑分组	
	CV-5	能力与组织部署的映射	特定阶段中, 实现能力需求所计划的能力部署以及相互关系	
	CV-6	能力与作战活动映射	能力与能力支持作战活动的映射	
	CV-7	能力与服务映射	能力及其支持下的服务间的映射	
数据与信息视图	DIV-1	概念数据模型	需要的高层数据概念及其关系	
	DIV-2	逻辑数据模型	数据需求和结构化业务规则	OV-7
	DIV-3	物理数据模型	逻辑数据实体的物理实现	SV-11
作战视图	OV-1	高级作战概念图	作战概念的高级图形描述和文本	OV-1
	OV-2	作战节点连接能力描述	作战节点、连接性和节点间信息流	OV-2
	OV-3	作战信息交换矩阵	节点间交换信息和信息交换的有关属性	OV-3
	OV-4	组织关系图	组织、角色和组织间的指挥、控制和协调关系	OV-4
	OV-5	作战活动模型	能力、作战活动之间的关系、输入和输出信息	OV-5
	OV-6a	作战规则模型	描述作战活动的三种产品之一, 确定限制作战活动的规则	OV-6a
	OV-6b	作战状态转换描述	描述作战活动的三种产品之一, 确定业务过程对事件的响应	OV-6b
	OV-6c	作战事件/跟踪描述	描述作战活动三种产品之一, 它映射作战想定或事件序列中的行动	OV-6c
项目视图	PV-1	项目		
	PV-2	项目时间表	项目和程序的时间线	
	PV-3	项目与能力映射	过程、项目与能力的映射, 表现特定项目和程序元素如何支持能力的获得	
服务视图	SvcV-1	服务接口描述	确定服务、服务项目以及它们之间的关系	
	SvcV-2	服务资源流描述	确定服务、服务项目以及它们相关的资源流	
	SvcV-3a	系统-服务矩阵	系统与资源之间的关系	
	SvcV-3b	服务-服务矩阵	服务与服务之间的关系	
	SvcV-4	服务功能描述	服务执行的功能以及服务功能间的服务数据流	
	SvcV-5	作战活动对服务映射矩阵	服务对作战活动的映射关系	
	SvcV-6	服务资源流矩阵	服务资源流元素的交换细节	
	SvcV-7	服务度量矩阵	在一定时间范围内服务视图元素的性能	
	SvcV-8	服务演化描述	按规划的递增步骤过渡, 将一组服务演进到更有效的服务, 或者把现有服务向未来演进	
	SvcV-9	服务技术预测	预计在给定的时间段内, 正在出现的技术和可以得到的软件与硬件产品, 将对未来的体系结构开发产生影响	

(续表)

视图	产品编号	产品名称	概要描述	与 1.0 版产品的对应
服务视图	SvcV-10a	服务规则模型	描述服务功能的三种产品之一, 确定由于系统设计或实现的某些原因, 而对系统功能运行的限制	
	SvcV-10b	服务状态转换描述	描述服务功能的三种产品之一, 确定服务对事件的响应	
	SvcV-10c	服务事件跟踪描述	描述服务功能的三种产品之一, 说明作战视图中关键事件序列的服务细节	
系统视图	SV-1	系统接口描述	确定节点内和节点间的系统节点、系统、系统部件节点之间相互连接关系	SV-1
	SV-2	系统通信描述	系统节点、系统、系统部件有关的通信设计	SV-2
	SV-3	系统相关矩阵	在一个体系结构中系统间的关系, 系统与系统之间的关系	SV-3
	SV-4	系统功能描述	系统完成的功能和系统功能之间的数据流	SV-4
	SV-5a	作战活动对系统功能映射矩阵	系统功能对作战活动的映射关系	SV-5
	SV-5b	作战活动对系统映射矩阵	系统对能力或作战活动的映射关系	
	SV-6	系统数据交换矩阵	详细描述在系统间交换的系统数据元素以及这些交换的属性	SV-6
	SV-7	系统性能参数矩阵	在适当的时段内, 系统视图元素的性能特性	SV-7
	SV-8	系统演化描述	描述资源或系统随时间的变化	SV-8
	SV-9	系统技术预测	预计在给定的时段内, 正在出现的技术和可以得到的软件与硬件产品, 并将对未来的体系结构开发产生影响	SV-9
	SV-10a	系统规则模型	描述系统功能的三种产品之一, 确定由于系统设计或实现的某些原因, 而对系统功能运行的限制	SV-10a
	SV-10b	系统状态转换模型	描述系统功能的三种产品之一, 确定系统对事件的响应	SV-10b
	SV-10c	系统事件跟踪描述	描述系统功能的三种产品之一, 跟踪特定场景或事件序列中的行为	SV-10c
标准视图	TV-1	标准规范	体系结构中采用或遵循的技术标准列表	TV-1
	TV-2	标准预测	描述即将出现的标准和它们对体系结构的潜在影响	TV-2

由于体系结构框架是为了适应不同用途的体系结构描述的通用模型, 因此, 在实际应用中, 需要根据不同的要求和应用背景, 有选择地对体系结构产品进行描述。对每个产品, 根据其所属的视图分别加以编号。这些视图和产品结合在一起就构成对某个特定系统体系结构的描述。

3.3 军事信息系统体系结构设计方法及工具

军事信息系统体系结构设计方法是指在体系结构框架指导下，在完成体系结构描述过程中所遵循的方法。通常以系统分析设计方法为基础，如结构化分析方法、面向对象分析方法等。本节针对美国国防部（DoD）体系结构框架，介绍两种常见的体系结构设计方法：面向过程的体系结构设计方法和面向对象的体系结构设计方法。此外，体系结构产品的种类和数量众多，为了提高体系结构设计效率，需要运用体系结构辅助设计工具支持设计，System Architect 和 ArchDesigner 是两种典型的体系结构辅助设计工具。

3.3.1 军事信息系统体系结构设计流程

尽管各军兵种、各业务军事信息系统的组成不同、应用范围专业性强、相互间关系复杂，但体系结构框架的开发流程基本相同。在此，借鉴美军 C⁴ISR 体系结构开发的经验，开展我军军事信息系统体系结构设计的研究。

按照美国国防部体系结构开发的基本原则和具体准则，美国乔治梅尔森大学信息技术与工程设计院提出了军事信息系统体系结构的设计流程。这个设计流程包括 6 个步骤，如图 3-7 所示。当然，具体使用时用户可以对某些过程进行剪裁和修改。

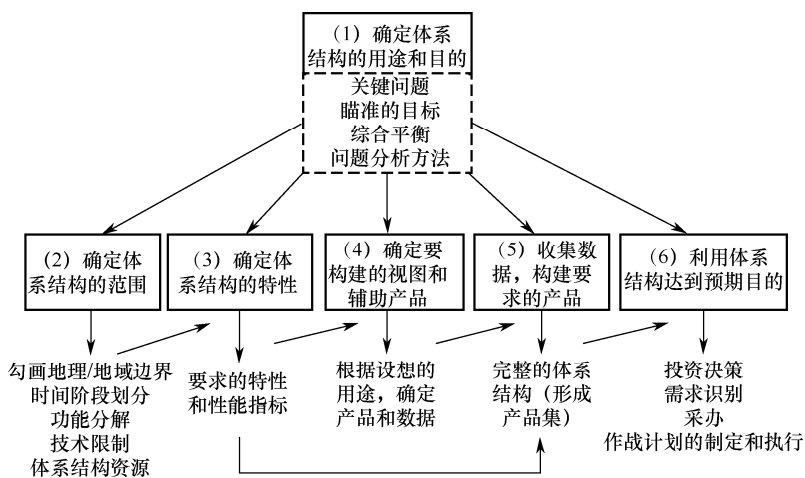


图 3-7 军事信息系统体系结构的设计流程

第 1 步，确定体系结构的用途和目的。在开始描述体系结构之前，首先要弄清楚体系结构要解决的问题，用户关心的内容和视角，如方案论证、需求评审、系统采办、试验鉴定等。这种以用户需求为目标的体系结构设计方法，可以提高工作效率，并使最终形成的体系结构更加合理。

第 2 步，确定体系结构的范围。体系结构的范围确定体系结构的深度和广度。范围有助于约束问题域，明确体系结构描述的背景、环境条件、组织的任务和设想等。这一步的主要工作内容包括：描述体系结构的功能、性能、作战想定、适用领域；描述体系结构应用的时间段（当前的、计划的、未来的等）；确定使用体系结构的用户和用途；确定体系结构开发的

详细程度、预计经济状况等。影响体系结构范围确定的因素主要有项目管理因素、开发体系结构的可用资源和关键技术、开发人员的经验等。

第 3 步, 确定体系结构的特性。为实现体系结构的目标, 必须确定体系结构要求的特性和具备的性能指标。如果漏掉应有的特征或者包含不必要的特性, 可能无法构建体系结构, 或者构建的体系结构毫无利用价值。同时, 还要考虑体系结构的未来用途以及技术的发展, 尽可能构建便于裁剪、扩展和重用的体系结构。

第 4 步, 确定要构建的视图和辅助产品。根据设想的体系结构的用途及其具备的特性, 确定应当构建的体系结构视图和辅助产品。由第 1 步到第 3 步的内容可以看出, 体系结构开发并不需要建立所有的体系结构视图和辅助产品, 只需构建满足用户需求的那些视图和产品。

第 5 步, 收集数据, 构建要求的产品。根据第 4 步确定的体系结构辅助产品, 按照一定的开发顺序形成产品集。在体系结构产品构建过程中, 为完成同其他体系结构产品的有效集成, 有必要对体系结构产品进行一定的剪裁, 以确保产品间的一致性和关联性。

第 6 步, 利用体系结构达到预期目的。体系结构是根据特定目的进行开发的。体系结构设计最终目标是支持投资决策、需求识别、系统采办、作战计划的制定和执行、作战评估等, 但体系结构本身并不能给出结论或答案。要想得到结论, 需要通过多种方法对体系结构进行分析、验证和评估。

按照上述 6 个步骤, 基本完成体系结构的设计和描述。当然, 在体系结构设计过程中, 可根据分析和评估结果, 对体系结构的设计结果进一步修改和完善。如需要补充数据, 应返回到第 4 步, 修改要构建的体系结构视图和产品数据; 如果产品结构不合理, 或结构设计不能满足系统特性和性能指标, 应返回到第 5 步, 运用体系结构工具集, 修改完善产品集。

3.3.2 基于结构化分析的体系结构设计方法

结构化系统开发方法 (Structured System Development Methodologies) 也称为 SSA&D (Structured System Analysis and Design) 或 SADT (Structured Analysis and Design Technologies), 起源于 20 世纪 50 年代, 是自顶向下的结构化方法、工程化系统开发方法和生命周期方法的结合, 是迄今为止系统开发方法中应用最普遍、最成熟的方法之一。

3.3.2.1 结构化系统开发方法

结构化系统开发方法从系统的角度出发分析问题和解决问题, 其基本思想是: 用系统工程思想和工程化的方法, 按用户至上的原则, 结构化、模块化、自顶向下地对系统进行分析 and 设计。所谓“结构化”, 实质是把复杂的事物和活动分解成若干个阶段, 每一阶段都有其明确的任务和目标, 每一阶段的工作都以上一阶段的工作为基础, 同时也为下一阶段的工作做准备。因此, 结构化系统开发方法实施过程中强调其层次性, 严格按照划分的阶段一步步开展工作, 每一步工作都及时地总结, 发现问题及时地反馈和纠正。结构化分析方法要求开发过程的每一步都要按工程标准规范化, 文档资料也要标准化。在系统开发过程中所有的成果都要形成固定格式的文档存放。这样做的目的是保证系统开发的连续性, 增强沟通。结构化系统开发方法强调系统分析员与用户一起, 按照系统的观点由表及里分析业务活动, 确定系统的确切需求, 采用一系列图形工具和技术描述系统的逻辑功能。用户可以据此判断目标系统是否满足其功能需求, 而系统设计人员可在此基础上进行系统设计, 确保目标系统的实现。

结构化系统开发方法采用“分解”和“抽象”这两种基本手段来分析复杂系统。“分解”

是指自顶向下地从抽象的高层向具体的低层逐层展开,把复杂的事物和活动分解为一系列小的步骤,每一步建立在上一步的基础上,直到每一步都被明确表达为止。“抽象”是指在分析过程中,透过具体的事物看到问题的本质属性,并将所分析的问题实体变为一般的概念。

结构化系统开发方法是一种面向过程的方法,侧重点是数据转换过程而不是数据本身。通常情况下,数据转换过程是不稳定的,而数据本身却是相对稳定的。当业务流程发生变化时,改变的往往是数据处理方法,而数据本身稳定不变。也就是说,结构化系统开发方法难以适应需求的变化,使得系统不稳定。此外,结构化系统开发方法将功能与数据分离,容易造成系统设计人员与用户间的理解偏差。因此,结构化分析方法对系统的物理实现、维护和组件的复用都造成了一定的阻碍。

3.3.2.2 基于结构化分析的体系结构产品设计

基于结构化分析的体系结构设计方法是在作战概念的驱动下,从系统执行的功能和为完成这些功能所需的实体两个角度设计系统的体系结构。乔治梅森大学系统结构实验室按照系统工程的观点,针对作战体系结构和系统体系结构中的产品设计,提出了6阶段处理过程,其数据流图如图3-8所示。每个阶段均能产生一种或多种体系结构产品。

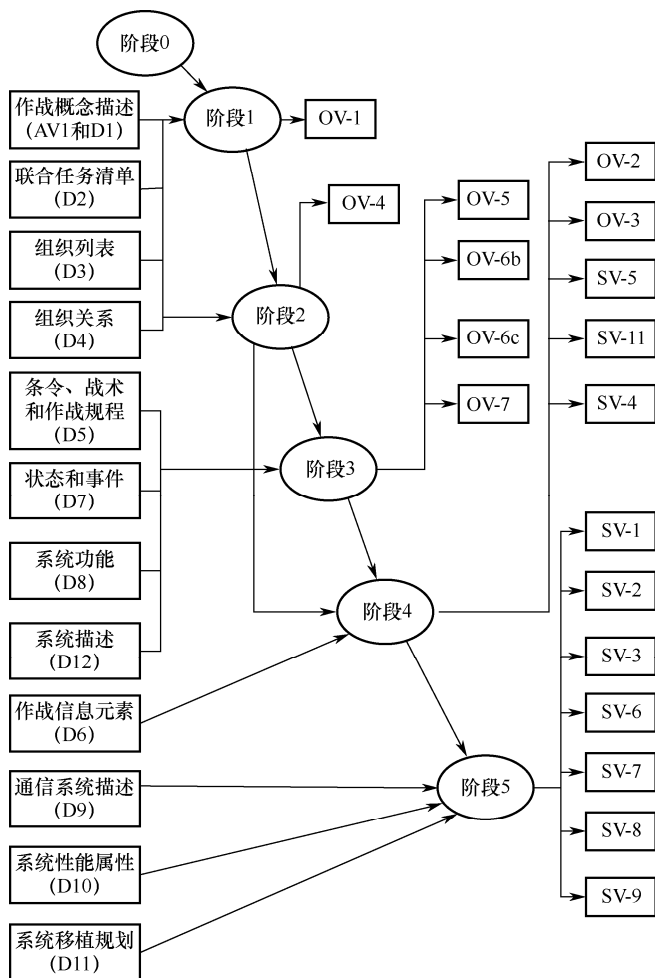


图 3-8 基于结构化分析的 6 阶段处理数据流图

(1) 阶段 0：收集领域信息。在体系结构开发之前，首先要明确系统的功能和目的，并广泛收集领域信息，通常把这个过程称为阶段 0。收集领域信息是设计人员对用户需求和设想的总结，是开展后续各项工作的基础。在军事信息系统体系结构设计过程中，作战人员和采办人员掌握大量系统运行的信息，如条令条例、战术文件、部队编组编成、组织结构等。C⁴ISR 体系结构设计以 12 类文档和资料作为设计依据，如表 3-3 所示。

表 3-3 阶段 0 收集的领域信息

AV-1	目的、视角（问题定义）	AV-1	目的、视角（问题定义）
D1	作战概念描述	D7	定义状态和事件
D2	联合任务清单	D8	系统功能描述
D3	组织列表结构图	D9	通信系统描述
D4	组织关系的描述	D10	系统性能属性描述
D5	条令、战术和作战规程的文字描述	D11	系统移植规划
D6	作战信息元素	D12	系统描述

体系结构设计从明确目的和视角开始，通过对作战使命的需求分析、作战需求文档，以及系统用户的讨论得到领域信息，将成果记录到概述和摘要信息（AV-1）产品和作战概念描述（D1）中。

(2) 阶段 1：作战概念分析，设计高级作战概念图（OV-1）。在问题定义的基础上，根据系统的作战需求，描述作战使命任务、系统功能、组织结构和资源分配等内容，构建系统运行的高级作战概念图。本阶段的数据流程图如图 3-9 所示。

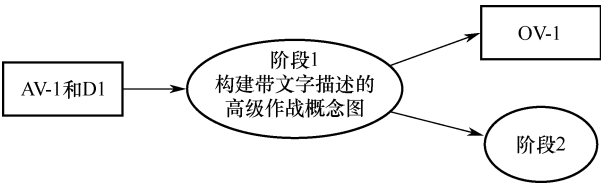


图 3-9 阶段 1 处理过程的数据流程图

(3) 阶段 2：组织结构分析，构建指挥关系图（OV-4）。该阶段处理过程包括 4 个输入端和 1 个输出端。在本阶段，设计人员利用联合任务清单（D2）和作战概念（AV-1 和 D1）确定系统要执行的功能，并对这些功能进行层次分解；设计人员还要根据组织列表和组织关系确定体系结构中包含的组织，以及这些组织间的指挥关系，将指挥关系记录到指挥关系图（OV-4）产品中。此外，这些组织拥有一些资产，通过对组织及其资产进行逻辑分组定义作战节点，并将成果记录在作战节点连接关系图（OV-2）产品中。本阶段处理过程的数据流程图如图 3-10 所示。

(4) 阶段 3：功能体系结构和物理体系结构设计。本阶段处理过程主要包括三方面工作：首先，在功能分解的基础上，构建由活动模型、逻辑数据模型和规则模型组成的功能体系结构。体系结构的预期行为在状态转移图中体现。设计过程要确保体系结构产品数据的一致性和完备性。

其次，构建由系统节点组成的初始物理体系结构，这些系统节点包含系统、系统部件和系统元素。

最后,通过两个分配过程确保物理体系结构和功能体系结构之间的协调性和平衡性。一方面要将活动模型中的作战活动分配给作战节点;另一方面对作战节点相关的资产进行评估,将作战活动分配给系统所执行的功能上。

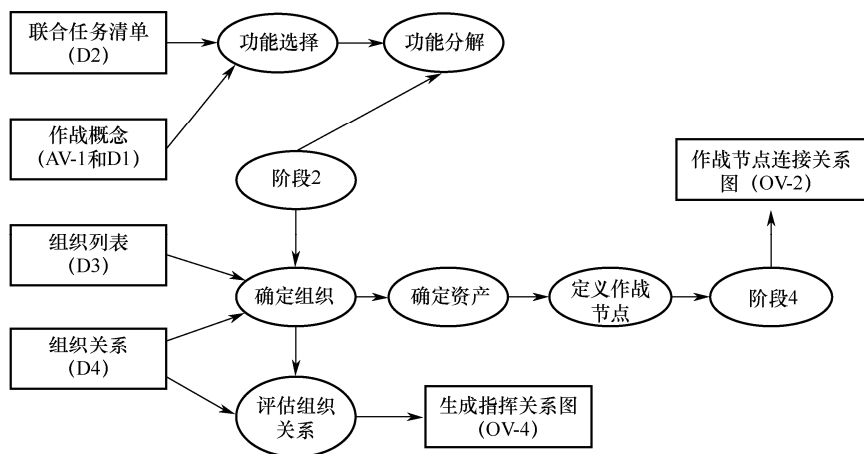


图 3-10 阶段 2 处理过程的数据流图

阶段 3 处理过程的数据流图如图 3-11 所示,所有设计活动都是迭代进行的。

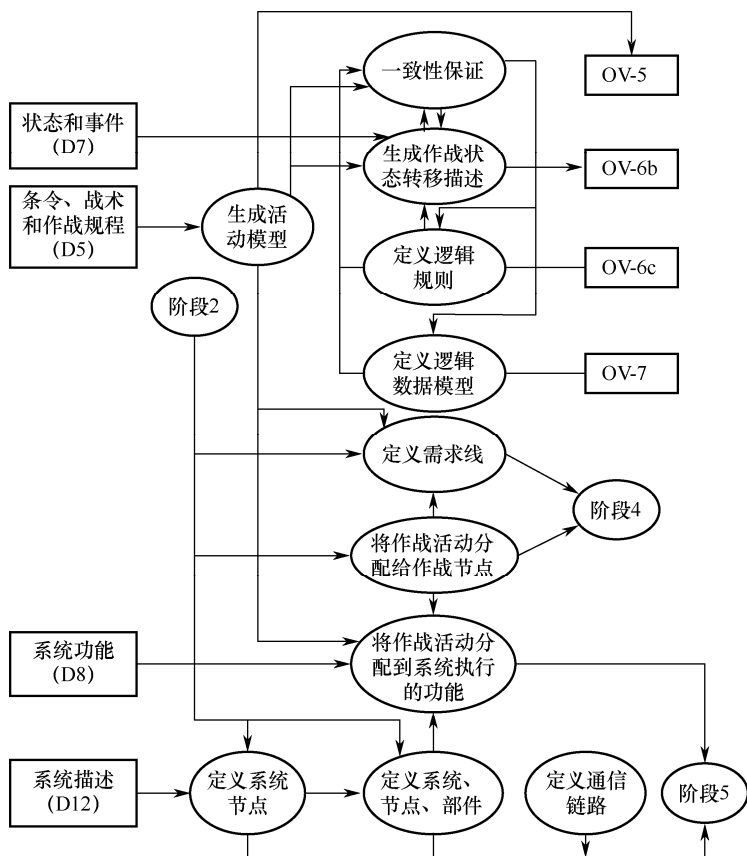


图 3-11 阶段 3 处理过程的数据流图

(5) 阶段 4: 作战信息分析和系统数据流设计。逻辑数据模型和需求线定义了作战信息元素 (D6), 本阶段设计人员要利用作战信息元素和阶段 3 中构建的活动模型, 进一步设计作战视图产品, 阶段 4 处理过程的数据流图如图 3-12 所示。

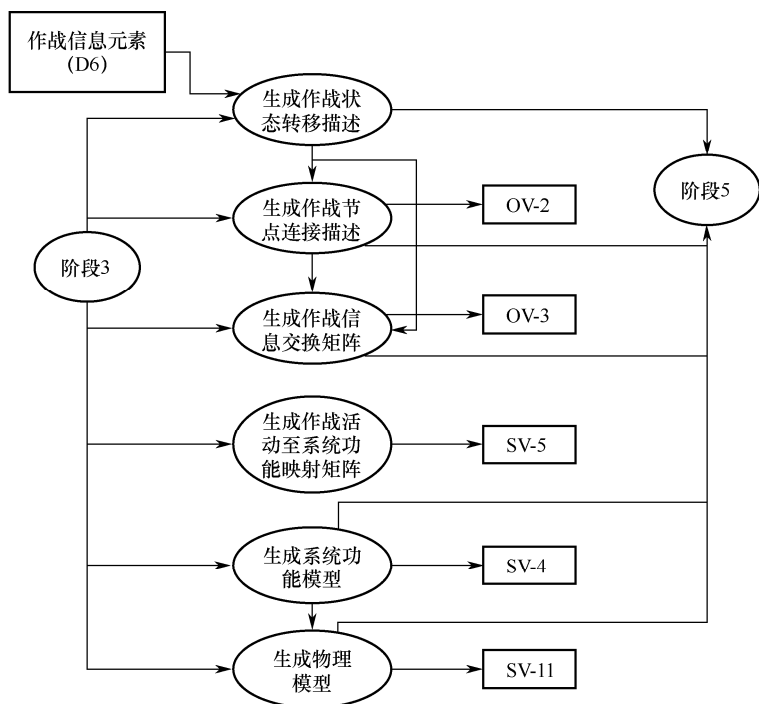


图 3-12 阶段 4 处理过程的数据流图

由于活动模型包含了对作战活动之间信息流的描述, 通过将作战活动分配到作战节点上, 就可以确定作战节点之间的信息流。因此, 根据活动模型及对作战活动的分配, 可构建作战节点连接关系描述 (OV-2) 和作战信息交换矩阵 (OV-3) 两种产品; 利用阶段 3 构建的逻辑规则 (OV-6c) 生成作战活动到系统功能的映射矩阵 (SV-5) 产品; 利用作战活动的分配和活动模型, 生成系统功能模型 (SV-4) 产品; 利用 SV-4 和阶段 3 构建的逻辑数据模型 (OV-7) 生成系统物理模型 (SV-11) 产品。

(6) 阶段 5: 完善系统视图产品设计。阶段 5 处理过程的数据流图如图 3-13 所示。可以看出, 该阶段以阶段 3 和阶段 4 处理过程中的部分设计信息作为输入。首先, 根据阶段 3 构建的初始物理体系结构, 进行操作节点连通性的描述, 构建系统接口描述 (SV-1) 产品; 通过局域网和广域网的选择, 构建系统通信描述 (SV-2) 产品; 在 SV-1 和 SV-2 两种产品的设计过程中, 需要注意保持两者的一致性。局域网和广域网确定了系统间、系统组件间和系统元素间的接口。一旦确定了接口, 就可以构建系统连接矩阵 (SV-3) 产品; 根据阶段 3 定义的作战状态转换描述 (OV-6b) 产品和阶段 4 定义系统数据元素, 构建系统信息交换矩阵 (SV-6); 最后, 根据初始物理体系结构和阶段 0 获取的系统移植规划 (D11) 和系统性能属性 (D10) 信息, 建立系统演化描述 (SV-8) 产品、系统性能参数矩阵 (SV-7) 和系统技术预测 (SV-9) 产品。显然, 在系统视图产品中含有一些冗余信息, 设计过程中必须保证产品间的一致性和协调性。

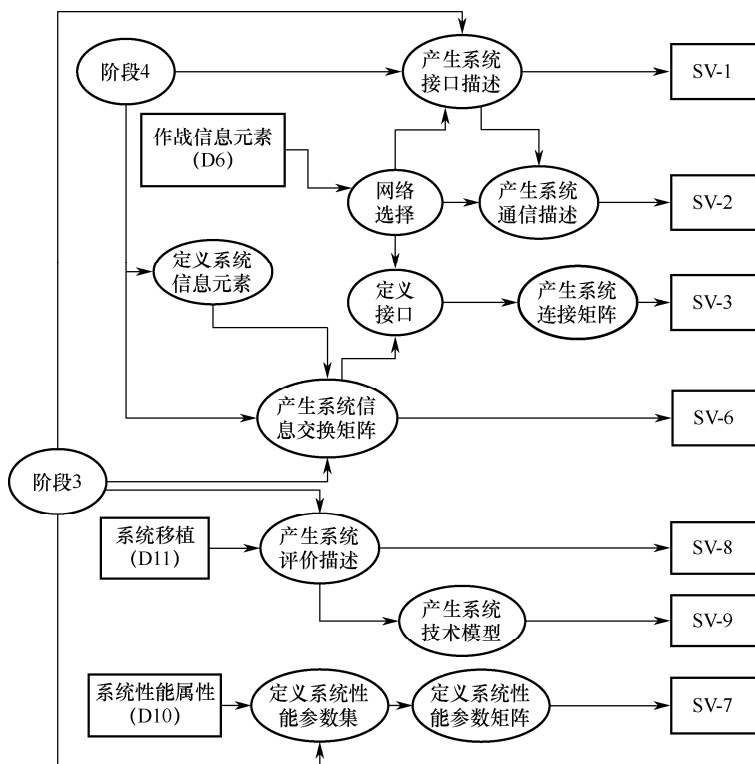


图 3-13 阶段 5 处理过程的数据流图

3.3.3 面向对象的体系结构设计方法

面向对象的分析与设计（Object Oriented Analysis and Design, OOA&D）方法是在 20 世纪 80 年代后期发展起来的一种标准建模语言，具有可视性强、逻辑严密等特点。与传统的方法相比，面向对象的分析与设计方法表现出其独特的优势，目前已成为人工智能、数据库、体系结构等计算机科学各个领域的主流技术。

面向对象的分析与设计方法是一种系统分析和设计方法，采用自底向上归纳和自顶向下分解相结合的方法，以问题域中的事物为中心对问题域进行自然分割，以更接近人类思维的方式建立问题域模型，以便对客观实体进行结构模拟和行为模拟，从而使目标系统尽可能符合现实世界。

面向对象的分析与设计开发过程主要由面向对象的分析（Object Oriented Analysis, OOA）阶段和面向对象的设计（Object Oriented Design, OOD）两个阶段组成，阶段之间可以相互反馈，整个开发周期是一种反复迭代、渐增的过程。

面向对象的分析（OOA）阶段，其任务是了解问题域所涉及的对象、对象间的关系和操作，针对不同的问题性质选择不同的抽象层次，然后构造问题的对象模型，使该模型能精确反映所要解决的“实质问题”。可见，OOA 本质上是把焦点集中在对问题空间的理解上，将对象的属性与关于这些属性的方法作为一个实质整体来对待，为面向对象的分析与设计提供了一致的、能力很强的基础表示。

面向对象的设计（OOD）阶段，其任务是进一步分析问题的对象模型，并对其进行一定

的改造,在软件系统内设计各个对象、对象间的关系、对象间的通信方式等。从 OOA 到 OOD 不是一个突变的过程,而是一个渐进的模型扩充过程,是同一种表示方法在不同范围的运用。OOD 的问题域是在 OOA 模型基础上,基于特定的客观标准对 OOA 的结果进行必要的增补和调整,例如,分类和重组一些类和对象、结构、属性及服务。

总之,面向对象的分析与设计方法克服了传统的功能分解方法的诸多缺点,例如,单纯反映管理功能的结构状态、数据流模型只侧重反映事物的信息特征和流程、信息模拟只能被动地迎合实际问题需要等,构成以系统对象为中心,为系统的分析与设计提供一种全新的方法。

面向对象的分析与设计过程中生成的大多数模型都是用符号表示的,这种符号就是统一建模语言(Unified Modeling Language, UML)。如前面章节所述,UML 不仅统一了 Booch、Rumbaugh 和 Jacobson 的表示方法,而且对其做了进一步的发展,并最终统一为大众所接受的标准建模语言。下面主要介绍基于 UML 的面向对象体系结构设计思想和开发过程。

3.3.3.1 面向对象的体系结构设计思想

面向对象的体系结构设计方法是在作战概念的驱动下设计体系结构,首先识别组成系统的各个对象,确定各个对象间的逻辑关系及每个对象的逻辑行为,然后再对实现这些对象的物理资源进行分析和考察,即建立系统的逻辑体系结构和物理体系结构。

目前,运用面向对象的分析与设计方法设计体系结构一般遵循两个基本原则,一是“自顶向下、广度优先”原则;二是“对象之间基于事件的交互”原则。首先,“自顶向下、广度优先”是指先把体系结构看成是一个与系统之外的某些外部实体有连接或关系的黑盒子,将体系结构分解为若干单元,随着分解层数的增加,各层分解的单元数量要相当,使整个体系结构各部分分解的深度基本一致;其次,“对象之间基于事件的交互”是指将对象间事件的交互作用作为系统分析和描述的机制。不管对象是一个复杂系统还是一个软件,输入/输出事件都是确定对象行为的关键方法。在确定对象行为时,可以用形式化的状态图和活动图表示。

面向对象的体系结构设计思想如图 3-14 所示。整个过程首先由作战概念和领域知识推导出各种用例作为初始用例,涉及的是对象的实例,而不是类别。对于每个初始用例,为了定义更准确、更详细的系统行为,进一步构建初始类图、行为图和交互图,开始了连续循环、反复迭代的过程。也就是说,当把下一个用例的预期行为考虑进来的时候,已经构建好的 UML 图形将作为一个新的起点,同预期行为进行比较。如果相匹配,进行下一层对象的分解;如果不匹配,要重新构建对象类型及其状态图和行为图,直到满足初始用例的需求为止。

对于初始用例,首先是将用例图转换成顶层顺序图,该过程主要是确定外部角色和系统之间消息的转换顺序;然后,根据顶层顺序图构建初始类图、行为图和交互图,并产生预期行为(在顺序图中体现)。

这些初始类图、行为图和交互图表示第一次迭代过程。此后,通过分解顺序图和类图中的一个或多个对象、定义顺序图上更详细、更准确的行为,通过增加或修改状态图实施这些行为等,又开始反复的迭代过程。整个过程将一直进行下去,直到满足用例的需求为止。

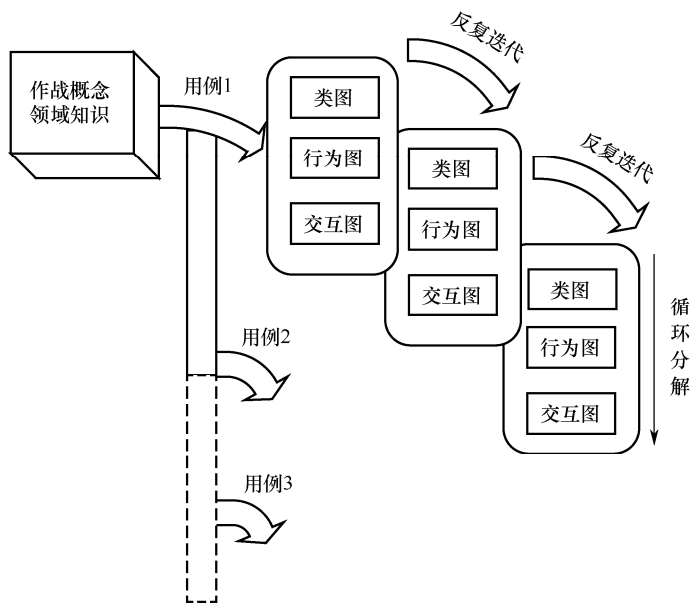


图 3-14 面向对象的体系结构设计思想

3.3.3.2 面向对象的体系结构产品设计

面向对象的体系结构产品设计主要包括 5 个阶段，如图 3-15 所示。每个阶段均能产生一种或多种体系结构产品。

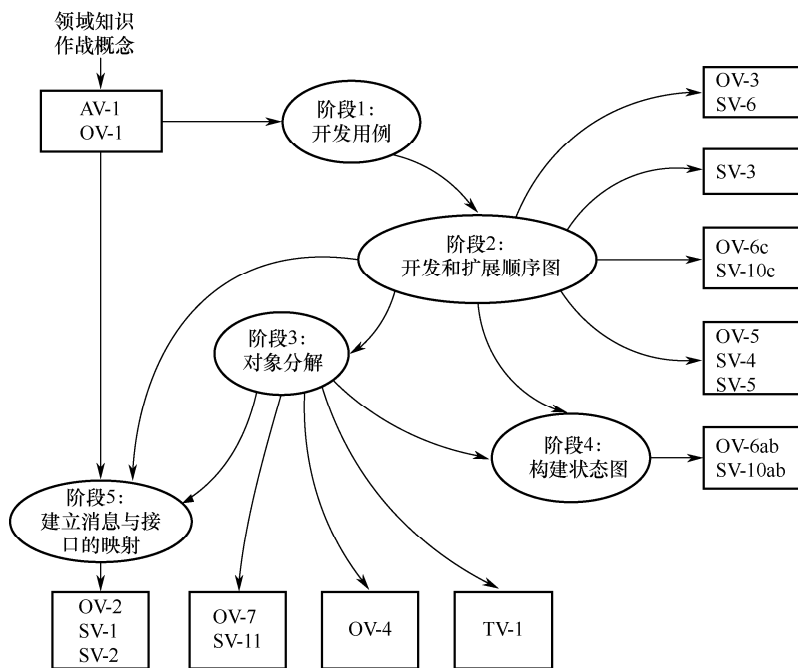


图 3-15 面向对象的体系结构产品设计过程

(1) 阶段 1：开发用例

面向对象的体系结构设计方法同基于结构化分析的体系结构设计方法都从相同的信息开

始,即作战概念和系统操作描述,这在高级作战概念图中有所体现。从初始作战概念开始,第一步是开发代表系统基本“使用方法”的 UML 用例。

UML 用例由外部角色以及与此些角色交互的系统组成。开发用例描述一系列顺序,其中每个顺序代表系统外部角色和系统本身之间的一次交互。

(2) 阶段 2: 开发和扩展顺序图

给定一个或多个 UML 用例后,接下来的一步是将用例图转换成顶层顺序图。顺序图表示实体间触发事件或交换信息的时间顺序,在美军 DOD 体系结构框架中对应作战事件跟踪描述(OV-6c)产品和系统事件跟踪描述(SV-10c)产品。

一个顶层顺序图的构造应考虑各种用例,在每种情况中,实体“系统”要简单地表示为顺序图上的单一实体。首先,根据用例图确定消息顺序,并以此构造体现用例的顺序图。通常,水平单向箭头表示事件,其中可包含信息交换或方法调用。其次,从刚刚建立的顺序图中提取系统视图或作战视图消息对象。其中事件名称可映射为类的名称,事件传递的内容和信息可映射为类的属性。

在体系结构设计过程中,类既可以用来表示消息节点,也可以用来表示物理节点。当类表示消息时,它们之间的关联表示数据传输、信号发送或者操作调用;当类表示物理节点时,它们之间的关联表示对象间的物理通信链路。因此,设计过程中存在着两种并行类的关联:一种侧重于反映数据信息在系统中的传递,另一种侧重于描述物理部件及其之间的通信连接关系。

建立好顺序图后,还可以对顺序图进行扩展,在对象生命线的输入事件和输出事件之间标注动作或功能的名称,通过观察对象及其生命线上的“触发-响应”,得到功能层次结构。

根据系统对象顺序图构造的功能层次结构,得到作战活动模型(OV-5 产品)。随着每个迭代周期中对象的进一步分解,原有的功能层次和活动图都会增加一些叶子节点,直到对象分解过程停止,才能得到完整的功能层次结构,构成 UML 活动图。

(3) 阶段 3: 对象分解

对象分解过程从将系统实体分解为若干部件开始。随着分解过程的进行,将要开发两套相互关联的对象类型,一套同作战视图相对应;另一套同系统视图相对应。

当系统实体被分解为多个部件对象后,可以利用这些部件对象代替顶层顺序图中的系统实体对象,进而利用新得到的顺序图对用例功能进行更深层次的分解。如果已经分解到充分详细的层次,就可以开始构造对象类型的状态图;否则,应该进行另一层分解。对象分解过程可以反复进行,直到达到期望的分解深度为止。

(4) 阶段 4: 构建状态图

状态图描述了一类对象的所有可能状态以及事件发生时状态的转移条件。通常状态图是对类图的补充。在美军 DOD 体系结构框架中,状态图对应作战规则模型(OV-6a)产品、作战状态转换描述(OV-6b)产品、系统作战规则模型(SV-10b)产品和系统状态转换描述(SV-10b)产品。

活动是指类实例所必须具有的激励与反应的形式。体系结构设计时需要为所有活动的类建立状态图。在构建状态图的过程中,首先要检查所有的扩展顺序图,找出其中包含该类的实例对象的顺序图;其次,对符合条件的顺序图,将该实例对象的生命线和输入/输出事件从顺序图中抽出,构造在该用例上的状态图。必要时可以构造状态图表,使对象能够对顺序图上的激励有适当的反应;最后,综合各个顺序图生成的状态图,去掉冗余状态,加入新状态和条件,得到这个类跨越多个用例的完整状态图。

需要注意的是,状态图的构建过程中要检查对象的生命线是否存在“循环方式”。“循环方式”是指对象由初始状态出发,经历一系列转移后又回到初始状态。如果存在循环方式,那么状态的循环次数就等于顺序图的循环方式中输入事件的个数。

(5) 阶段 5: 建立消息与接口的映射

在构造类图的过程中,把系统的对象之间及对象与外部角色之间的交互事件称为消息对象类,它们之间的关联可描述为系统部件间及系统部件与外界环境之间的通信连接。通常采用 UML 的“类联合”结构来描述系统对象间的联合。如果将消息对象映射为相应的系统物理接口,就可以得到“消息-接口”映射图。在这种图上,类的关联描述了系统的物理通信结构。利用这种关联可以方便地进行系统分析,包括通信宽度需求分析、用户接口/人员因素要求等。

将逻辑数据模型(OV-7)产品与相应对象的物理实现相结合,可构建物理模式(SV-11)产品;根据(SV-11)和“消息-接口”映射图,可进一步得到完整的系统接口描述(SV-1)产品和系统通信描述(SV-2)产品。

面向对象的体系结构设计利用统一建模语言,采用自顶向下的方法,既可以构造出面向对象的描述,也能够产生满足体系结构框架要求的产品,该过程表明了在面对对象的描述中包含了产生体系结构框架所需产品的必要信息。当然,面向对象的体系结构设计是一个反复迭代的过程,需要不断地修改和完善设计出来的产品。

3.3.4 军事信息系统体系结构辅助设计工具

军事信息系统体系结构辅助设计工具主要为开发、维护和管理系统体系结构提供软件支撑环境,对于提高体系结构设计的工作效率有重要意义。

3.3.4.1 军事信息系统体系结构开发工具的特点

由于系统的体系结构包含大量的设计信息,体系结构产品间互相关联、互相约束,体系结构辅助设计工具必须具有很强的支持能力,为用户提供高效、方便的开发环境。体系结构开发工具主要有以下特点。

(1) 体系结构产品支持

体系结构辅助设计工具的最重要特征是其支持的体系结构产品的种类和数量。这也是体系结构设计师选择设计工具时首先考虑的问题。

(2) 体系结构设计方法支持

不同的体系结构设计方法,如基于结构化的设计方法、面向对象的设计方法等,体系结构的指导思想、设计过程以及体系结构产品的建模方法都有所区别。

(3) 可视化建模工具支持

在体系结构辅助设计工具的支持下,设计师可以“所见即所得”的方式对建模元素进行增加、修改和删除等操作,加速建模过程,提高设计效率。

(4) 数据库支持

体系结构设计的信息量很大,将设计信息存储于数据库或知识库中,便于体系结构设计数据的存储、管理和维护,并为体系结构辅助设计工具的多用户协同开发提供支持。

(5) 多用户协同开发支持

由于体系结构开发人员众多,相关使用人员也很多,因此体系结构开发工具应能提供支持多用户协同开发的功能,有效缩短体系结构设计时间。

(6) 可扩展性支持

可扩展性是指体系结构辅助设计工具可实现模型的扩展,能通过扩展接口允许修改、扩充模型及相关属性。体系结构辅助设计工具应支持设计师根据个人喜好定制工具界面,以便扩展新的建模方法和属性,提供对不同体系结构框架的支持。体系结构辅助设计工具的扩展可以考虑使用脚本语言,或考虑使用组件的方式,还可以将体系结构模型数据导出为标准数据结构,供其他工具使用。

(7) 输入输出支持

体系结构辅助设计工具具有体系结构设计数据的导入和导出功能,可实现与其他辅助设计工具的交互,并能将体系结构设计信息自动生成 Word、HTML 等形式的设计文档。

下面主要介绍国外非常著名的体系结构综合建模集成工具 System Architect,以及国防科技大学 C⁴ISR 技术国防重点实验室开发的支持 DoD AF 开发的综合建模工具 ArchDesigner。

3.3.4.2 体系结构设计工具 System Architect

System Architect (SA) 最初是由英国 Popkin 公司开发的一款综合集成建模工具,是企业建模软件的前驱。2005 年 4 月,Popkin 公司被 Telelogic 公司收购,2009 年 IBM 把 Telelogic 产品和 Rational 产品整合。现在,SA 已经发展为一款功能强大的通用企业建模与分析评价工具,是系统开发所必需的体系结构辅助设计工具。SA 为开发企业架构提供了集成环境,支持 DOD AF、MoD AF、ToG AF、Zachman 等多种企业架构框架和 IDEF、UML、BPMN 等多种建模语言,能够将业务流程建模、基于 UML 的对象建模、数据建模、结构化分析和设计等多种建模方法集成在一起,实现作战需求分析、系统体系结构的建模与仿真、C⁴ISR 体系结构描述等功能。

System Architect 提供了建模企业系统所必需的所有建模工具,为系统体系结构开发提供了强有力的支持。System Architect 以多用户方式集成了主要建模领域的各种建模方法,包括企业业务流程建模、数据建模或对象建模,及业务流程仿真等多种功能,在国防、军工部门有大量成功的案例。

SA 的主要功能特点如下:

- 对企业战略架构进行可视化管理。
- 支持业务架构、应用架构、数据架构、技术架构的建模。
- 可承载整个企业架构的所有内容,建立企业唯一的架构存储库。
- 支持业界多种标准方法和框架,使用统一语言定义架构内容,保证数据一致性。
- 支持一系列的结构化分析方法。
- 支持 Zachman、DOD AF、MoD AF、ToG AF 等体系结构框架开发。
- 支持使用基于活动的方法(Activity Based Method, ABM)进行 DoD AF 产品开发。
- 通过业务流程仿真进行资源配备分析、相关性/差距分析和瓶颈分析。
- 可将企业架构的内容发布成知识库,将需要共享的模型和数据发布成网站。

SA 由一套组件组成,主要用于获取、设计、建模、创建信息系统。SA 的主界面如图 3-16 所示。主界面左侧为建模方法浏览器,主要包括数据建模、业务建模、结构化建模、组织建模、技术建模和部署建模等,用户可以通过 SA 提供的选项设置建模方法;主界面的右侧为所构建的建模方法的绘图区域。

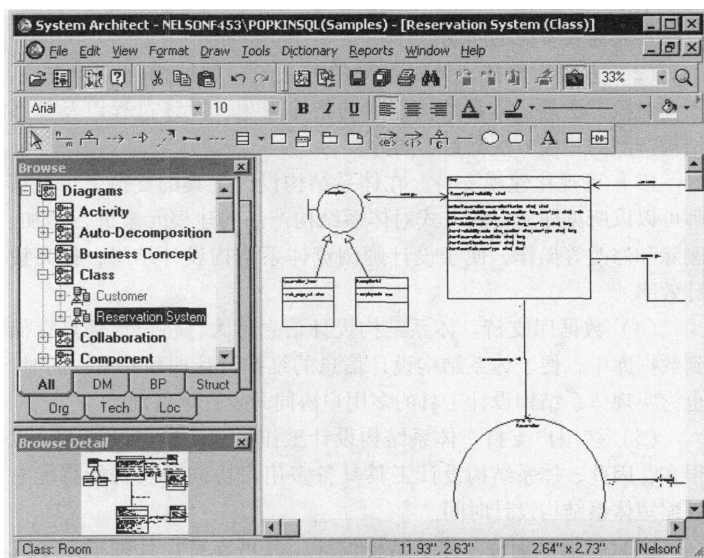


图 3-16 System Architect 的主界面

通过 SA 设计的体系结构产品主要由绘图区域中的图表示。图主要由图符和定义组成，图、图符及其定义存储在 SA 的知识库中。SA 的知识库采用内置的 SQL Server 数据库，主要存储 SA 建模后的体系结构数据。为方便对知识库进行管理，SA 提供了一个数据库管理工具——SAEM (System Architect Encyclopedia Manager)。SAEM 提供了数据库登录，对数据库进行压缩、备份、查询、重命名、再存储、删除和解锁等功能。此外，SA 的知识库还提供各种接口，如 COM、XML、CSV 等，以便与其他工具交换数据。SA 与知识库保持连接，并提供对知识库的备份、恢复和整合等功能。

SA 有两种运行模式：独立运行和网络运行。SA 独立运行时，用户端要同时安装 System Architect、SQL Server 2000、数据库管理工具 SAEM 和 License 管理等应用，与项目开发相关的信息存储在数据库中，需要 License 认证才能执行；SA 网络运行时，需要将 SQL Server 2000 安装在数据库服务器上，选择一台计算机安装 License 管理器，为 SA 客户端的运行提供认证。SA 网络运行模式支持数据库共享，设计师可以共享同一项目的体系结构开发，每一个 SA 客户端开发同一个项目的不同部分，实现多用户协同开发。

3.3.4.3 体系结构建模工具 ArchModeler

体系结构建模工具 ArchModeler 是针对国防军工行业开发的一款功能强大的体系结构建模工具，在现代系统工程方法和企业体系结构框架标准的指导下，采用基于活动的建模方法 (ABM)，引导用户开发体系结构模型。

ArchModeler 支持 DoD AF 企业架构框架和 IDEF、UML、BPMN 等多种建模语言，以基于 IDEF 的结构化分析为主，兼顾业务流程建模 (BPM)、UML 建模、数据建模等多种建模方法，是开发复杂大系统的有力支撑工具。

ArchModeler 的主要功能特点如下：

- 支持 DoD AF (包括 1.5 和 2.0 标准) 产品的开发。
- 支持基于活动的建模方法 (ABM)。
- 支持结构化分析方法和面向对象的分析方法。

- 支持 IDEF、UML、BPMN 等标准建模语言。
- 模型实体能够与外部的装备描述数据库关联。
- 能够与需求管理工具关联，建立模型与需求条目之间的跟踪关系，确保模型与需求的统一。
- 能够将模型发布为网页、PPT、Word 等，以便共享。
- 模型能够导出，并与想定编辑、想定验证工具集成。
- 扩展性好，可进行模型元素和框架以及部分功能的定制开发。
- 具有自主知识产权。

ArchModeler 是纯中文软件，系统组成与配置合理，操作界面清晰，人机界面友好，运行稳定、可靠，安装调试简便，具有针对性强、先进、灵活的特点。ArchModeler 的主界面如图 3-17 所示。主界面右侧为“工程管理”选项卡，包括“视图浏览器”和“属性”两部分，其中上半部分为“视图浏览器”窗口，主要包括全视图（AV）、作战视图（OV）、系统与服务视图（SV）和技术标准视图（TV），分别从全局、作战需求、系统设计以及技术标准四种视角来描述系统的体系结构；下半部分为“属性设置”窗口，用户可以通过 ArchModeler 提供的选项设置图符的地理信息、对象属性和基本属性；主界面的左侧为“形状”选项卡，为用户提供所构建视图的图符。ArchModeler 提供的图符形象、直观，易于理解，方便沟通和交流；主界面的中间部分为所构建视图的绘图区域。利用“形状”选项卡提供的图符，用户可以在绘图区绘制体系结构视图的图符，利用鼠标调整图符的大小、移动图符的位置、编辑图符的各种属性等。

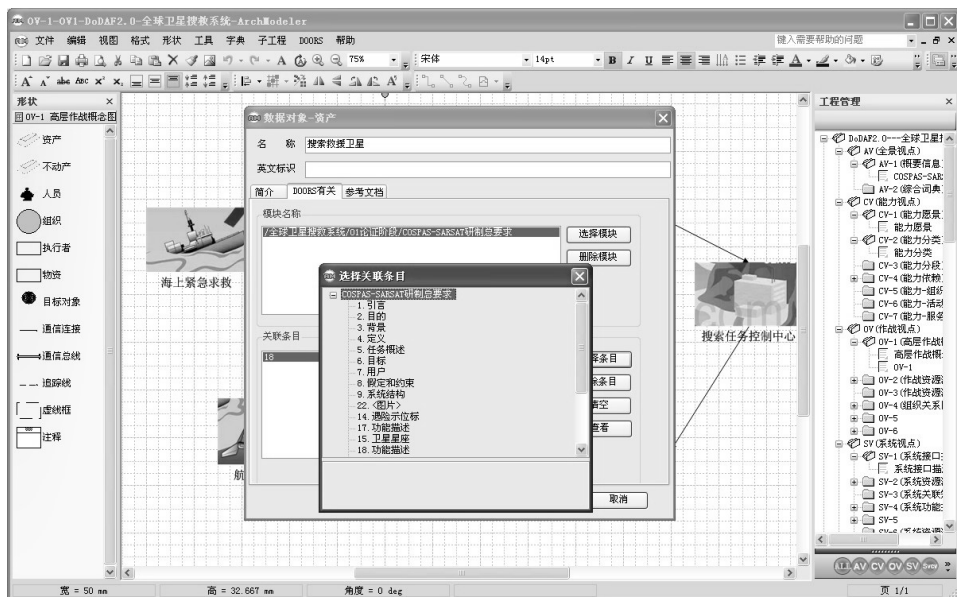


图 3-17 ArchModeler 的主界面

ArchModeler 应用于装备论证与研制过程中的总体论证、总体需求分析、总体设计、分系统需求分析、系统综合集成等阶段。能与装备描述数据库、需求管理工具、作战想定编辑、想定验证工具等进行深度集成。

使用 ArchModeler 可以全面提升总体论证规划、需求分析和验证、系统设计等能力，使得武器装备的研发过程更加规范、高效和成熟，改善原有工作流程，明显提高武器装备研发

的质量与效率。

3.3.4.4 体系结构设计开发环境 ArchDesigner

ArchDesigner 是面向我军各级作战指挥人员和系统设计人员的一款体系结构设计开发环境。该工具由国防科技大学信息系统与管理学院于 2003 年开始研制,旨在保证体系结构产品集在设计中的可操作性以及设计成果的可使用性和继承性,提高军事电子信息系统总体设计人员的设计效率。

ArchDesigner 由体系结构设计工具和集成环境组成。其中,体系结构设计工具包括全视图产品设计工具、作战视图产品设计工具、系统视图产品设计工具和技术视图产品设计工具。该体系结构设计开发环境能够以可视化的方式支持全部体系结构产品的分析与设计。在 ArchDesigner 开发环境中,产品数据存放在数据库中,开发环境的数据存储通过数据库管理系统完成。数据库管理系统为用户提供了产品设计过程中保持一致的数据存取环境,用户不必关心体系结构产品数据的定义形式和物理特性。

ArchDesigner 开发环境的主要特点如下。

(1) 可视化编辑界面

ArchDesigner 的主要产品设计工具都采用了可视化的编辑环境,编辑环境采用基本图元作为设计基本元素,设计人员只需通过简单的鼠标拖曳操作,即可完成体系结构产品的开发,便于体系设计师的使用。

(2) 使用统一的界面设计风格与操作规范

ArchDesigner 的多个产品设计工具采用了统一的界面设计风格(颜色、字体和线型等),使用相同的界面元素(工具条、状态条、浮动窗口和分割窗口等),对各个设计工具中相同或相似的功能,用户可以采用相同或相似的方式来进行操作,方便用户的使用。

(3) 自动文档生成

ArchDesigner 提供了设计文档自动生成功能,在相应的体系结构产品设计开发完毕后,都可以通过该功能将相应产品的设计数据转化为 Word 文档,以供产品设计人员查阅或存档,便于在体系结构设计人员之间进行交流。

(4) 实现资源的有效共享和较高的集成程度

ArchDesigner 设计的各个产品虽然具有一定的独立性,各个产品之间的数据定义、实现手段和数据存取方法存在一定的差异。但各产品之间还具有一定的依赖性,如作战信息交换矩阵依赖与作战节点连接描述中的相关信息。因此其通过建立统一的信息交换标准,依靠底层网络和数据库对各个体系结构产品进行集成,从而能确保设计的正确性和完整性,实现设计成果有效的共享和功能的有机集成。

(5) 体现以数据为中心的体系结构设计思想

以数据为中心的设计是保证设计数据一致性、集成性和继承性的基础。ArchDesigner 体现以数据为中心的体系结构设计思想。除提供用于体系结构描述的编辑和设计功能外,还注重体系结构描述中设计数据的管理、集成等。ArchDesigner 为每个产品定义实体以及属性,体系结构产品设计数据保存在体系结构核心数据库中。目前,ArchDesigner 具有基本的设计数据管理和集成功能。

3.4 军事信息系统体系结构验证评估

体系结构在系统建设初期对系统进行顶层设计,科学规划系统的组成、结构以及相互关系,遵循的标准规范,它能促进理解与交流、为系统建设提供决策支持、指导系统开发与集成、指导系统运行等,在系统的整个生命周期中都发挥着重要作用。正是由于体系结构在系统建设中的重要作用,体系结构的设计质量显得尤为重要。采用科学高效的体系结构验证评估方法是提高体系结构质量的基本保证。

体系结构验证是检查体系结构的设计成果在语法、语义上是否正确、合理,是否符合系统需求。体系结构评估是从结构、性能、可靠性、效能等方面对体系结构设计方案的优势程度进行评价,并对一组可选体系结构设计方案进行折中分析和优选。明确体系结构验证评估的内容,建立高校的体系结构验证评估方法是开展体系结构验证评估工作的前提和基础。

3.4.1 体系结构验证评估框架

军事信息系统体系结构验证评估框架确定了验证评估的工作过程以及过程中每个阶段要完成的主要工作。好的验证评估框架和评估过程,可以约束验证评估的进程,控制验证评估活动的顺利开展,有效促进参与验证评估的各类人员之间协调工作。下面主要介绍目前常用的基于信息模型的体系结构验证评估框架。

3.4.1.1 体系结构信息模型

按照认识论的观点,对事物的认识和理解,依赖于主体表述该事物的存在方式、运动状态及其变化方式。事物的存在方式、运动状态及其变化方式的外在形式、内在含义和效用价值是正确表示和理解事物的三要素,三者之间相互依存、不可分割。同样,要理解、判断体系结构设计质量也要从外在表现形式、内在的含义以及效用价值三方面入手。借用语言学中关于语法、语义和语用信息的概念,定义体系结构的语法、语义和语用信息。

体系结构的语法信息是指体系结构设计结果外在表现形式所包含或提供的信息,它是体系结构数据最抽象的表现形式;体系结构的语义信息是指描述体系结构的实体在组合后体现出的逻辑含义,如实体的结构与分解关系、实体之间的信息流关系、活动或功能运行过程及时序关系等;体系结构的语用信息是指体系结构所能完成的任务和功能,反映体系结构的性能以及最终实现的效能。

语法信息、语义信息和语用信息是体系结构表现在三个不同层面的信息,体系结构是这三个层面信息的综合体。由此,可构建体系结构信息模型(如图 3-18 所示)。其中,语法信息与体系结构实体、实体之间关系以及它们的属性相对应,语义信息与实体以及相互关系所形成的逻辑关系相对应,语用信息与体系结构实体集作为一个整体所具有或提供的性能、效能相对应。

体系结构语法信息是体系结构设计中直接的内容,也是体系结构数据最直接的表现形式;语义信息和语用信息是语法信息中隐含的信息,属于逻辑层次上的信息。一般地,语法信息不同,所隐含的语义信息和语用信息也会有所不同。因此,在体系结构设计中,虽然从表面

上看,完成的是体系结构语法信息,但是语法信息是在语义信息指导下,以语用信息为目标,体现了语义信息和语用信息的内容。

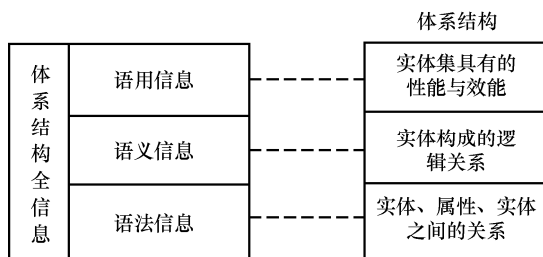


图 3-18 体系结构信息模型

3.4.1.2 基于信息模型的验证评估框架

按照体系结构信息模型,体系结构是通过语法信息、语义信息和语用信息来表示的,目前体系结构设计中存在的设计不规范、数据不一致、不能满足实际需要等问题,就是体系结构语法层、语义层和语用层设计的问题。

针对体系结构信息模型,建立体系结构验证评估框架(如图 3-19 所示)。三个层次的验证是一个逐步渐进的过程。语法层验证主要分析体系结构数据的语法是否正确,验证数据完备性和一致性等;语义层验证主要分析体系结构行为逻辑是否正确、合理;语用层验证评估主要针对体系结构的性能和效能,验证评估体系结构所发挥的效用是否满足需求以及满足需求的程度。可见,语用层验证评估必须和其上下文、目的紧密结合在一起。

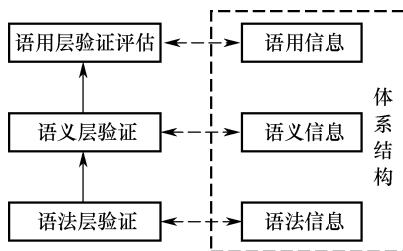


图 3-19 基于信息模型的体系结构验证评估框架

(1) 语法层验证评估

语法层验证评估主要对体系结构设计是否符合语法规则进行验证,即对描述体系结构的基本元素,产品、数据的结构是否符合语法规规范要求验证。其中包括设计完整性检查、数据引用正确性检查、数据对齐分析和数据一致性分析。

① 设计完整性检查。

主要检查用户是否完成所有必需的设计内容:一是体系结构设计所要求的视图或产品;二是特定产品的具体内容是否完整。例如,对作战节点间信息交换的设计是否完整?是否指明了节点完成的系统功能集?系统子节点是否指明了完成的功能?

② 数据引用正确性检查。

主要分析检查所有数据引用,判断被引用的数据是否全部被引用,是否存在没有被引用的数据实体。例如,体系结构完成作战活动集中的作战活动,是否全部被分配给相应的作战节点完成,是否存在作战活动没有对象来完成。

③ 数据对齐分析。

主要检查所有核心数据，引导用户比对名称相同的数据，对本质相同的数据进行标记，否则进行改名处理。例如，作战、后勤、装备部门在描述联合火力打击作战样式下的作战体系结构时，可能会使用“联合火力打击”“计划拟制”“威胁评估”等作战活动和作战节点等，这些同名的作战活动、作战节点在不同部门设计的体系结构中是否表示同一个活动？不进行数据对齐分析，可能会出现同一名称命名不同事物的可能，从而给后续分析、集成、研发造成更大的隐患。

④ 体系结构数据一致性分析。

主要验证体系结构数据是否存在相互矛盾的内容。数据一致性验证主要包括不同产品中体系结构实体一致性验证以及实体之间关系的一致性验证。

不同产品中体系结构实体一致性指出现在不同产品中的相同数据实体要一致。实体之间关系要一致主要指不同视图或产品中体现的同类实体关系必须一致。例如，作战活动实体出现在作战节点连接关系描述（OV-2）和作战活动模型（OV-5）两个产品中，在两个产品中，作战活动实体数据必须一致。此外，OV-2 中描述的作战节点与作战活动分配关系必须与 OV-5 中反映的作战节点与作战活动分配关系一致。

（2）语义层验证评估

语义层验证评估主要是判断体系结构的基本语法元素形成的描述语义是否正确和合理，是否存在相互矛盾、冲突和不合理的内容。其中主要是对行为逻辑的正确性进行验证。

行为逻辑正确性验证主要包括三方面：

- 规则合理性验证：主要指规范体系结构动态行为执行的规则是否正确，如作战规则模型（OV-6a）中定义的规则是否合理正确。
- 状态可达性验证：主要分析状态是否可达，设计的状态转移关系是否合理，如作战状态转移描述（OV-6b）中描述的状态是否可达，状态转移关系是否正确。
- 时序正确性验证：体系结构动态行为执行过程中各对象的时序关系是否正确和合理。

由于逻辑正确性验证主要针对体系结构中的动态行为和特性，对它的验证评估多采用可执行的方法，通过相关内容或对象的动态执行进行验证。

（3）语用层验证评估

语用层验证评估主要侧重体系结构的效用分析，特别是体系结构的整体效用。分析按照体系结构设计方案，最终开发得到的系统是否达到设计要求，满足各项需求指标。

语用层验证评估主要包括三方面：

- 性能验证评估：针对体系结构设计的性能指标，验证对应性能指标能否达到设计的指标，能否达到需求性能指标，以及满足需求的程度。
- 效能验证评估：针对体系结构设计的效能指标，验证对应效能指标能否达到设计的指标，能否达到需求指标，以及满足需求的程度。
- 综合评估：综合考虑体系结构的功能性指标和非功能性指标，对体系结构进行综合评估。

3.4.2 体系结构验证评估指标体系

根据前面定义的体系结构验证评估框架，体系结构评估指标体系框架主要考虑从效用性指标、语义与语法层指标和非功能性指标三个方面建立（如图 3-20 所示）。

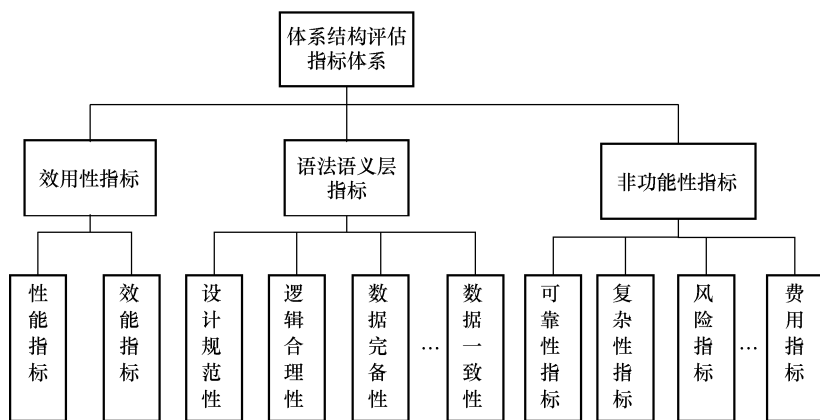


图 3-20 体系结构验证评估指标体系框架

(1) 效用性指标

效用性指标主要是对体系结构对应系统的具体的性能、效能的评估指标。性能指标和效能指标与具体体系结构密切相关，同时与评估目标相关。例如，体系结构对应系统是军事信息系统，具体的性能指标和效能指标的建立和军事信息系统评估指标基本类似。

体系结构效用性指标的选择可以结合体系结构设计数据。其中，在全视图产品中概述和摘要信息（AV-1）中可能包含对体系结构的一些指标需求信息。此外，系统视图产品中系统性能参数矩阵（SV-7）中，设计了系统、系统功能、接口等的相关性能和效能参数，这些性能和效能指标也可以作为评估指标建立的基础。此外，在作战视图产品设计中，在作战信息交换矩阵（OV-3）、作战活动模型（OV-5）也可能会包含一些性能或效能要求，这些指标参数同样也是构建效用性评估指标的基础。

(2) 语法语义层指标

语法语义层指标主要是针对体系结构的设计过程和质量。对于多视图的体系结构设计来说，体系结构设计是否规范、合理对体系结构质量也有重要影响。

语法语义层指标主要包括设计规范性、逻辑合理性、数据完备性和数据一致性等。其中，设计规范性主要评估是否采用规范化的设计框架、设计方法，是否选用专门的体系结构设计工具；逻辑合理性主要评估体系结构设计的逻辑关系和过程是否合理；数据完备性主要评估体系结构设计数据是否满足指导系统设计开发的要求；数据一致性主要评估体系结构设计数据是否是一致的。这些指标的获取依赖于相关内容的验证评估结果。

(3) 非功能性指标

非功能性指标是与体系结构非功能特性相关的指标，主要包括体系结构的复杂性、可靠性、风险性、费用、可扩展性等。这些指标的获取可以采用一般的系统评估方法。

3.4.3 体系结构验证评估方法

体系结构验证评估的主要任务是检查体系结构设计正确性，验证体系结构描述是否满足所对应系统的功能需求和非功能（性能）需求。目前，国内外对体系结构验证评估方法开

展了大量研究。国外研究侧重验证评估方法，主要研究了专家评审法、基于软件体系结构评估的方法和基于可执行模型的方法；国内学者主要验证评估的概念、内涵、内容和方式方法，这些研究大多停留在基于“作战视图、系统视图、技术视图”多视图描述框架指导下 C⁴ISR 体系结构设计的验证评估。根据国内外研究方法的特点，体系结构验证评估方法可以分为三类：形式化体系结构验证评估方法、基于仿真模拟的体系结构验证评估方法和综合评估方法。

1. 形式化体系结构验证评估方法

形式化验证评估的核心是利用数学的确定性证明设计的正确性。证明意味着这种验证评估是完备的，在数学上是严谨的。证明设计的正确性通常与规范有关。规范是指要求、约束。就体系结构验证评估而言，规范体现在两方面：高层模型和性质。高层模型是指自顶向下设计时的上层体系结构设计，如综合级体系结构是项目级体系结构的规范；作战视图是系统视图的规范等。如果下层设计实现了上层设计的要求，就认为体系结构设计是正确的；性质是指体系结构实现过程中必须始终遵守的行为属性，如业务流程的灵活性、正确性、有界性等。

常用的体系结构形式化验证评估方法有基于数据模型的完整性检查、基于图论模型的数据关系分析、基于 Petri 网模型的流程合理性验证、基于有限状态机模型的安全性验证等。

2. 基于仿真模拟的体系结构验证评估方法

基于仿真模拟的体系结构验证评估方法是指根据体系结构设计，建立仿真模型并进一步形成仿真系统，在此基础上设计仿真实验并统计数据，进行体系结构性能或效能评估的方法。根据建立仿真模型时所使用体系结构模型的不同，可以将基于仿真模拟的验证评估方法分为三类：体系结构模型级模拟仿真、体系结构视图级模拟仿真和集成级模拟仿真。

体系结构模型级模拟仿真主要对单个体系结构模型进行仿真分析，以确定模型设计的合理性和可行性，判断性能指标是否满足需求；体系结构视图级模拟仿真基于视图内的多个模型建立仿真模型，分析整个视图设计内容的合理性、可行性，可以评估作战效能、系统性能等指标；体系结构集成级模拟仿真基于多个视图内的体系结构模型建立仿真模型，分析整个体系结构所具备的能力及满足需求的情况。

三种验证评估方法都有一定的应用范围和优缺点，表 3-4 分别从难度、复杂度、分析范围和使用的仿真引擎方面对三种验证评估方法进行了比较。

表 3-4 基于仿真模拟的体系结构验证评估方法

方法	难度	复杂度	分析范围	仿真引擎
模型级模拟仿真	易	低	流程执行时间，流程完成率，信息处理时间等	仿真引擎的选择依赖于产品，如作战流程相关产品可以选择 Petri 网仿真；系统通信仿真可以选择 OPNet 等
视图级模拟仿真	中	中	作战任务完成情况，系统功能执行效率，系统结构性能等	每个视图根据仿真分析需要选择仿真引擎
集成级模拟仿真	难	高	体系结构效能，体系结构能力，体系结构有效性	不同层次仿真可以选择不同仿真引擎，通过 HLA 互联可接入支持 HLA 的模拟器和半实物

3. 综合验证评估方法

体系结构综合验证评估方法可以采用一般系统综合评估的方法，如层次分析法、专家评

审法、软件体系结构折中分析方法等。

不同验证评估方法能够支持不同的体系结构验证评估活动。如形式化方法可以支持数据及关系分析、逻辑行为验证和性能评估等活动,基于模拟仿真的方法能为性能和效能评估提供有效支持,综合评估方法则适合于效能评估和体系结构设计方案的优选。

体系结构验证评估方法还存在许多难点问题没有完全解决,具体包括:

(1) 对形式化方法而言,如何根据体系结构设计生成需要的形式化模型?这些形式化模型遵循的规范或满足的性质是什么?如何开展相关规范和性质的验证?如何解决形式化方法应用中的状态空间爆炸等问题?

(2) 对基于仿真模拟的验证评估方法而言,如何根据体系结构设计生成仿真实验设计,如何根据体系结构设计中的性能参数生成仿真配置参数,如何进行探索性分析快速找到关联的指标及其影响?

(3) 对综合验证评估方法而言,如何根据体系结构设计开展非功能性指标,如可靠性、风险等的评估分析?

军事信息系统的开发方法

军事信息系统的开发、实施是一项复杂的系统工程，它不仅涉及计算机处理技术、体系结构技术、系统理论、组织结构、虚拟现实技术、人工智能技术等数据的收集和处理过程，还涉及计算机软硬件系统的管理和应用等方面。这就增加了开发军事信息系统的工程规模和难度。为确保整个开发过程顺利进行，需要研究出科学的、符合工程化标准的开发步骤，这正是军事信息系统开发方法要解决的问题。开发军事信息系统的主要方法有很多种，但目前还没有一种完备的开发方法。结构化方法、原型法、面向对象方法、计算机辅助软件工程是军事信息系统的主要开发方法。本章将对这些方法及其优缺点逐一论述。

4.1 结构化开发方法

结构化开发方法（Structured System Development Methodologies）是由约当（E. Yourdon）、康斯坦丁（L. L. Constantine）和德马可（T. Demarco）等于 20 世纪 70 年代中期提出的，也可称为面向功能的软件开发方法或面向数据流的软件开发方法。它是由结构化系统分析和设计组成的一种信息系统开发方法，是迄今为止开发方法中应用最普遍、最成熟的方法之一。

4.1.1 结构化开发方法的基本思想

结构化开发方法一般都是把整个系统开发过程分成若干阶段，每个阶段进行若干活动，每项活动应用一系列标准、规范、方法和技术，完成一个或多个任务，形成符合给定规范的产品（成果）。

结构化分析，就是根据分解和抽象的原则，按照系统中数据处理的流程，用数据流图来建立系统的功能模型，从而完成需求分析。

结构化设计，就是根据模块准则和软件结构准则，将数据流图转换为软件的体系结构，用软件结构图来建立系统的物理模型，实现系统的概要设计。

结构化程序分析与设计，就是将软件开发的全过程分成若干阶段，每个阶段有相对独立的任务，阶段开始与结束都规定严格的标准，将每个阶段的功能用相应的标准控制结构

表示出来，从而实现详细设计。这样使得软件开发全过程以一种有条不紊的方式进行，从而保证软件质量，提高软件的可维护性。其工作流程如图 4-1 所示。

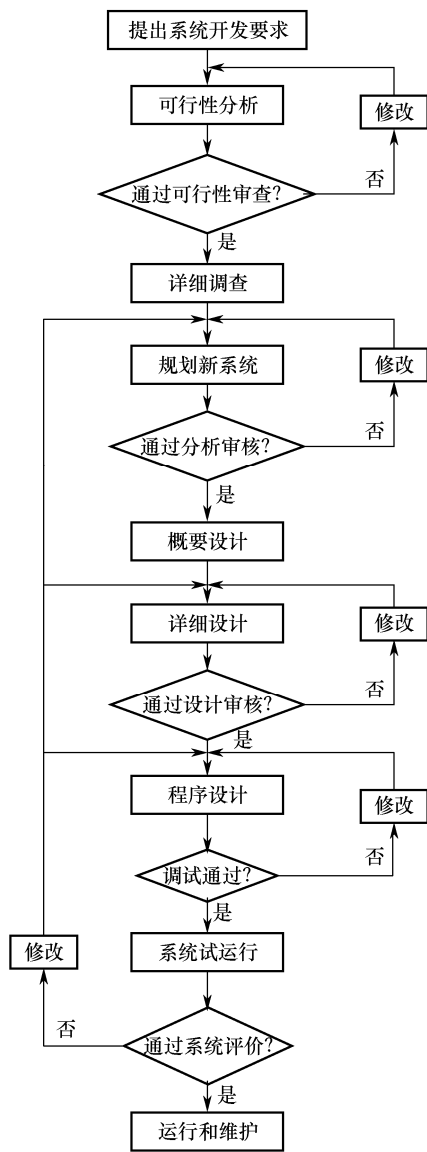


图 4-1 结构化程序分析与设计的流程

结构化开发方法的指导思想是：自顶向下，逐步求精。具体来说，就是用系统工程的思想 and 工程化的方法，按用户至上的原则，结构化、模块化、自顶向下对系统进行分析和设计。结构化开发方法一般采用数据流图、DFD、数据字典、判定表、判定树、结构化语言等工具。它的基本原则是功能的分解与抽象，特别适合解决数据处理领域的问题。

4.1.2 结构化开发方法的优缺点

结构化开发方法是很多学者经过不断探索和努力而建立起来的一种系统化方法。这种方

法的突出优点是强调系统开发的整体性和全局性，即在整体优化的前提下考虑具体的分析设计问题，是一种自顶向下的观点。具体来说，结构化开发方法的优点表现为以下几方面：

- 开发目标清晰；
- 工作阶段程式化，适合于瀑布模型，易为开发者掌握；
- 开发文档规范化，设计方法结构化，成功率较高；
- 特别适合数据处理领域应用，对其他领域的应用也基本适合。

随着时间的推移，结构化开发方法暴露出很多缺点和不足：

- 面向过程开发，开发周期长；
- 侧重点在于数据转换过程，兼顾数据结构方面不够；
- 对于结构化程度较低的系统，在开发初期很难确定功能需求。

4.2 原型法

原型法（Prototyping）是 20 世纪 80 年代随着计算机软件技术的发展，特别是在关系数据库系统（Relational Data Base System, RDBS）、第四代程序生成语言（4th Generation Language, 4GL）和各种系统开发生成环境产生的基础上，提出的一种从设计思想、工具、手段都全新的系统开发方法。

4.2.1 原型法概述

采用结构化开发方法进行系统分析时，不仅要进行周密细致的调查、分析和严格的系统定义，而且要反复与用户讨论，这种讨论既费时又费力。原型法正是针对结构化开发方法的主要缺点发展起来的一种快速、廉价的开发方法，它不要求用户提出完整的需求以后进行设计和编程，而是获取一组基本的需求定义后，利用高级软件工具可视化的开发环境，快速建立一个目标系统的最初版本，并把它交给用户试用、补充和修改，再进行新的版本开发。反复进行这个过程，直到得出系统的“精确解”，即用户满意的一种方法。可见，原型法突出一个“快”字，它摒弃了那种一步步周密细致地调查分析，然后逐步整理出文字档案，最后才能让用户看到结果的烦琐做法。原型法能够使用户立刻将其与想象中的目标系统作比较。开发人员向用户提供一个“样品”，用户迅速向开发人员反馈，这就是原型法的优越性。

原型法的基本思想是：首先由用户和系统分析设计人员合作，在短期内定义用户的基本需求，开发出一个功能不十分完善的、实验性的、简易的应用软件系统的基本框架，称之为原型。接着运行这个原型，使之逐步完善。其开发过程是多次重复、不断演进的过程。

4.2.2 原型法的开发过程

原型法的开发过程可以归纳为以下四个步骤。

（1）确定用户的基本需求

由用户提出对新系统的基本需求，如功能、界面的基本形式、所需要的数据、应用范围、

运行环境等，开发者根据这些信息估算出开发系统所需的费用，并建立简明的系统模型。

(2) 构造初始模型

系统开发人员在明确了对系统基本要求和功能的基础上，依据计算机模型，以尽可能快的速度和尽可能多的开发工具来建造一个结构仿真模型，即快速原型构架。之所以称为原型构架，是因为这样的模型是系统总体结构，子系统以上部分的高层模型。由于要求快速，这一步骤要尽可能使用一些软件工具和原型制造工具，以辅助进行系统开发。

(3) 运行、评价、修改原型

快速原型构架建造成后，就要交给用户立即投入试运行，各类人员对其进行试用、检查分析效果。由于构造原型过程中强调快速，省略了很多细节，一定存在很多不合理的部分。所以，在试运行期间要充分进行开发人员和用户之间的沟通，尤其对用户提出的不满意的地方进行认真细致的研究、修改和完善，直至用户满意为止。

(4) 形成最终的系统

如果用户和开发人员对原型比较满意，则将其作为正式原型。经过双方的细致工作，将开发原型过程中的很多细节问题逐个补充、完善，最后形成一个实用的系统。

原型法的开发过程如图 4-2 所示。

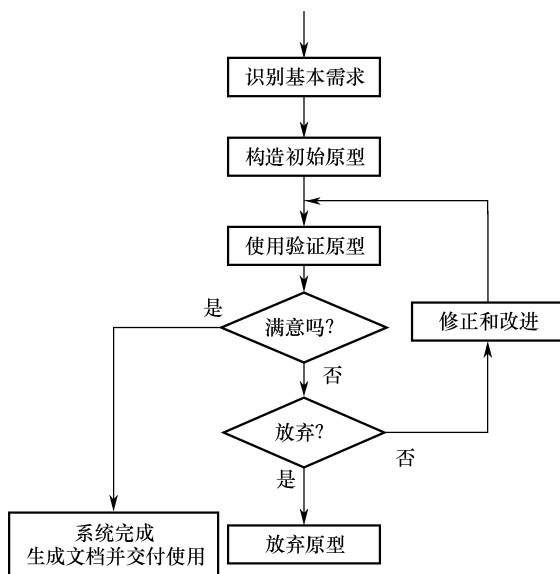


图 4-2 原型法的开发过程

4.2.3 原型法的优缺点

由于原型法不必事先对系统需求进行完整定义，而是根据用户基本需求快速开发出系统原型，开发人员在各类用户的不断使用、评价中改进原型，逐步完善对需求的认识和系统的设计。因此，原型法有以下优点：

- 符合人们认识事物的规律。系统开发循序渐进，逐步修改和完善，确保较好的用户满意度；
- 开发周期短，开发效率高。原型法利用最新的软件工具，使系统开发的时间、费用都大大减少，效率、技术水平得到很大提高；

- 便于沟通。原型法将模拟的手段引入系统分析的初期阶段，沟通了人们的思想，缩短了用户和系统分析人员之间的距离，为准确认识问题创造了条件；
- 发现问题早。通过运行原型，能启发人们对很难发掘或不易准确描述的问题有一个确切的描述，而且尽早地暴露出系统实现后存在的一些问题，使得系统实现之前得到解决；
- 易学易用，减少了用户的培训时间，简化了管理。

尽管原型法有上述优点，但仍无法克服原型法的局限性，表现为：

- 不适合大规模系统的开发；
- 开发过程中管理要求高，整个开发过程要经过“使用—评价—修改”的多次反复；
- 用户过早看到系统原型，将原型误认为真正的系统，失去对系统的信息；
- 开发人员易将原型取代系统分析，缺乏规范化的文档资料。

由此可见，原型法比较适合于开发处理明确、涉及面窄的小型简单系统。原型法不适合于开发大型、难以模拟的复杂系统；存在大量运算、逻辑性强的处理系统；管理过程不规范、处理过程不规范的系统等。

4.3 面向对象方法

面向对象方法（Object Oriented），简称 OO 方法，是随着 20 世纪 80 年代各种面向对象的程序设计方法逐步发展起来的。近年来，面向对象方法以其显著的优势成为计算机软件领域的主流技术。同时，OO 方法被扩展到软硬件各个领域：OO 体系结构、OO 硬件支持、OO 软件开发环境、OO 数据库等。人们把 OO 方法看作解决软件危机的“突破口”。

4.3.1 面向对象方法概述

面向对象的开发方法基于类和对象的概念，把客观世界的一切事物看成是由各种不同的对象组成，每个对象都有各自内部的状态、机制和规律。按照对象的不同特性，可以组成不同的类。不同的对象和类之间的相互联系和相互作用就构成了客观世界中不同的事物和系统。

面向对象的开发方法可描述为：

- ① 客观事物是由对象组成的，对象是在原事物的基础上抽象的结果。任何复杂的事物都可以通过各种对象的某种组合结构来定义和描述。
- ② 对象是由属性和操作方法组成的，其属性反映了对象的数据信息特征，而操作方法则用来定义改变对象属性状态的各种操作方式。
- ③ 对象之间的联系通过消息传递机制来实现，而消息传递的方式是通过消息传递模式和方法所定义的操作过程来完成的。
- ④ 对象可以按其属性来归类，借助类的层次结构，子类可以通过继承机制获得其父类的特性。
- ⑤ 对象具有封装的特性，一个对象就构成一个严格模块化的实体，在系统开发中可被重复引用，以达到软件（程序和模块）重用的目的。

面向对象开发方法的基本思想是：客观世界是由各种各样的对象组成的，每种对象都有都

有各自的内部状态和运动规律，不同对象之间的相互作用和联系构成各种不同的系统。在设计 and 实现一个系统时，在满足需求的条件下，把系统设计成一些不可变的（相对固定）部分组成的最小集合（最好的设计）。这些不可变的部分就是所谓的对象。

采用面向对象的开发方法开发一个系统，首先要进行系统调查和需求分析，对系统中的具体管理问题和用户对系统的需求进行系统的调查研究，确保系统的整体性、开发过程的阶段性与计划性，使系统性能满足系统的目标和要求，以期获取最佳的经济效益。

4.3.2 面向对象的系统开发过程

面向对象的系统开发过程，一般可分为以下 5 个阶段。

(1) 问题定义

问题定义的主要内容是指通常所说的需求分析和确定系统目标，即对系统要面临的问题及用户对系统开发的需求进行调查分析研究，弄清开发目标。

(2) 系统分析阶段

系统分析的主要内容是分析问题的性质和求解问题。利用信息模型技术识别问题域中的对象实体，标识对象之间的关系，确定对象的属性和方法，利用属性描述对象及其关系，并按照属性的变化规律定义对象及其关系的处理流程。该阶段一般被称为面向对象的分析，简称 OOA。

(3) 系统设计阶段

系统设计的主要内容是确定问题模型。该阶段对系统发现的结果进一步抽象、归类、整理，以范式（物理模型）的形式确定。该阶段一般被称为面向对象的设计，简称 OOD。

(4) 系统实现（程序设计）阶段

该阶段利用面向对象的程序设计语言将上一阶段抽象和整理出来的范式对象直接映射（即直接用程序设计语言来取代）为应用软件。该阶段一般被称为面向对象的程序，简称 OOP。

(5) 系统测试阶段

该阶段运用面向对象的技术进行软件测试。该阶段一般被称为面向对象的测试，简称 OOT。

此外，面向对象的系统开发方法还为软件维护提供了有效途径，程序与问题域一致，各个阶段表现一致，从而大大降低了理解难度，提高了软件的维护效率。

面向对象的系统开发过程如图 4-3 所示。

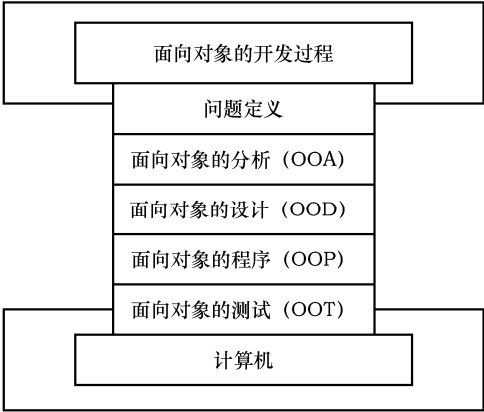


图 4-3 面向对象的系统开发过程

4.3.3 面向对象开发方法的特点

面向对象的开发方法具有下述一些特点。

(1) 封装性

面向对象开发方法中, 程序和数据是封装在一起的, 对象作为一个实体, 其操作隐藏在方法中, 其状态由对象的“属性”来描述, 并且只能通过对象中的“方法”来改变, 从外界无从得知。封装性构成了面向对象方法的基础。因而, 这种方法的创始人 Codd 认为, 面向对象就是“对象+属性+方法”。

(2) 抽象性

面向对象开发方法中, 把从具有共同性质的实体中抽象出的事物本质特征, 称为“类”(Class), 对象是类的一个实例。类中封装了对象共有的属性和方法, 通过实例化一个类创建的对象, 自动具有类中规定的属性和方法。

(3) 继续性

继续性是类特有的性质, 类可以派生出子类, 子类自动继承父类的属性和方法。这样, 在定义子类时, 只需说明它不同于父类的特性, 从而大大提高软件的可重用性。

(4) 动态链接性

对象间的联系是通过对象间的消息传递动态建立的。

从面向对象开发方法的特点, 不难看出面向对象开发方法的优越性主要体现在以下几个方面。

① 面向对象方法更接近于人类的自然思维。人类在认识和理解现实世界中普遍运用的三个构造法则是区分对象及其属性、区分整体对象及其组成部分、区分并形成不同对象类。而面向对象正是基于对象及其属性、类属及成员、整体及部分这些概念基础之上的。因此它必然更容易被理解和运用。

② 系统分析、系统设计及实现之间的连接是自然的无缝连接。系统分析、系统设计及实现之间采用同样的角度看待问题, 甚至采用同样的方法来描述问题。因此, 它们之间的连接更加紧密和自然, 不会产生歧义。

③ 面向对象方法将对象的属性及服务视为一个整体。这更符合客观世界的规律, 从而使其理解和实现起来更加容易, 进一步减少维护的费用。

④ 面向对象方法中的“继续性”一方面符合客观世界的规律, 另一方面加强代码重用的可能性, 以便提高软件开发的效率。

⑤ “封装性”使系统在变化的环境中有良好的适应性, 从而使整个系统更加稳定和易于维护。

尽管面向对象开发方法有很多优点, 但该方法的实施采用自底向上的方法, 在大型军事信息系统开发过程中, 会造成系统结构不合理、各部分关系失调等问题, 仍然需要采用生命周期法对系统进行结构化分析。可以说, 面向对象开发方法和结构化方法在系统开发中相互依存、不可替代。

4.4 计算机辅助软件工程

自计算机普遍应用以来, 系统开发中的系统分析、设计和开发过程, 一直是制约信息系统发展的一个瓶颈。这个问题一直延续到 20 世纪 80 年代, 计算机图形处理技术和程序生成

技术的出现才得以缓和。解决这一问题的工具就是计算机辅助软件工程 (Computer Aided Software Engineering, CASE)。

在软件生存周期过程中, CASE 方法辅助各个软件工程活动的实施, 从软件的项目规划、需求分析、系统设计、编码调试、测试管理、运行维护, 到支持软件的过程管理和质量保证。CASE 是一种先进的软件开发方法, 它正在使软件开发人员逐渐忘掉了第三代、第四代甚至第五代软件开发技术, 正成为一种最有力的软件开发方法。

4.4.1 计算机辅助软件工程的基本思想

CASE 是计算机技术在系统开发活动、技术和方法中的应用, 包括软件分析、设计和代码生成, 是软件工具与开发方法的结合体。它使得人们能在计算机的辅助下进行软件开发, 为计算机软件开发工程化、自动化和智能化打下基础。

具体地说, CASE 是一组工具和方法的集合, 可以辅助软件开发生命周期各阶段进行软件开发。它可以按照系统开发商规定的应用规则, 并由计算机自动生成合适的计算机程序。CASE 的实质是为软件提供一组大量节省人力的软件开发工具, 实现软件生命周期各阶段的自动化, 并使其成为一个整体。CASE 工具则是指能够支持或使结构化生命周期法中一个或多个阶段自动化的计算机程序(软件)。CASE 工具可分为高级 CASE 和低级 CASE。高级 CASE 工具用来绘制企业模型以及规定应用要求; 低级 CASE 工具用来生成实际的程序代码。

CASE 方法的基本思想是: 在其他任何一种系统开发方法中, 如果从目标系统调查分析后, 系统开发过程中的每一步都可以在一定程度上形成对应关系的话, 那么就完全可以借助专门研制的软件工具实现系统开发工程。这些系统开发过程的对应关系包括: 结构化开发方法中的业务流程分析—数据流程分析—功能模块设计—程序实现; 业务功能一览表—数据分析、指标体系—数据、过程分析—数据分布和数据库设计—数据库系统等; OO 方法中的问题抽象—属性、结构和方法定义—对象分类—确定范式的程序实现等。

可见, CASE 的目标是使开发支持工具与开发方法学统一和结合起来; 通过实现分析、设计与程序开发、维护的自动化, 提高信息系统开发的效率和信息系统的质量, 最终实现系统开发的自动化。

4.4.2 计算机辅助软件工程的应用步骤

CASE 工具是指 CASE 的最外层(即用户)使用 CASE 去开发一个应用系统所接触到的所有软件工具。CASE 工具能支持的活动有需求定义、形式化规约、面向功能设计、数据建模、面向对象设计、编程、测试、维护和管理等。引入和使用 CASE 技术需要仔细地筹划, 一旦使用, 必须维护这些工具直至使用这些工具生产的所有软件都过时为止。

一个组织应用 CASE 生命周期的各步骤如下:

- ① 需求。根据要开发的信息系统选择一个合适的 CASE 系统。
- ② 剪裁。调整一个 CASE 系统, 使之适应一个特定的组织机构或一类项目。
- ③ 引入。试用该 CASE 系统。在这期间, 要培训使用这一系统的开发人员。
- ④ 操作。每天都使用 CASE 系统进行软件开发。
- ⑤ 演化。演化事实上并不是一个单独的步骤, 而是在 CASE 系统生命周期中的一个持续

的活动,即修改硬件或软件,调整系统,以适应新的需求。

⑥ 废弃。CASE 系统在这一阶段不再起作用,必须保证使用该系统开发的软件仍在被所在组织机构所支持。

上述步骤中,从剪裁阶段到引入阶段有反馈,在操作和演化之间也有反馈。如果对 CASE 的需求量不是很大,使用这种技术可能很难获得收益,盲目使用往往会使开发成本增加而不是降低。引入 CASE 时,必须有意识地进行管理,使开发人员认识到 CASE 系统的优势所在,其经济效益是长期的而不是短期的,不可能立即节省开销。

4.4.3 计算机辅助软件工程的特点

CASE 方法具有下列特点:

- 解决了从客观对象到软件系统的映射问题,支持系统开发的全过程;
- 提高软件的质量和重用性;
- 加快了软件的开发速度;
- 简化了软件开发的管理和维护;
- 能够自动生成开发过程中的各种软件文档。

4.5 各种开发方法的比较

我们将上面提及的各种开发方法的特点总结如下。

(1) 结构化方法

① 能够辅助管理人员对原有的业务进行清理,理顺和优化原有业务,使其在技术手段上和管理水平上都有很大的提高。

② 发现和整理系统调查、分析中的问题及疏漏,便于开发人员准确地了解业务处理过程。

③ 有利于与用户一起分析新系统中适合业务特点的新方法和新模型。

④ 能够对组织的基础数据管理状态、原有信息系统、整体管理水平进行全面、系统的分析。

(2) 原型法

原型法是一种基于 4GL 的快速模拟方法,它通过模拟以及对模拟后原型的不断讨论和修改,最终建立系统。要将这样一种方法应用于大型信息系统开发过程中的所有环节是根本不可能的,因此它多被用于小型局部系统或处理过程比较简单的系统设计到实现的环节。

(3) 面向对象方法

它围绕对象进行系统分析和系统设计,然后用面向对象的工具建立系统的方法。面向对象方法普遍适用于各类信息系统开发,但是设计过程不涉及系统分析以前的开发环节,过于依赖经验,工程性不强,系统集成时对整个系统互联互通互操作的考虑不足。

(4) 计算机辅助软件工程

CASE 的基本思想决定了 CASE 方法具有如下特点:

① 在实际开发一个系统时,CASE 环境的应用必须依赖于一种具体的开发方法,如结构

化方法、原型方法、OO 方法等，而一套大型完备的 CASE 产品，能为用户提供支持上述开发方法的开发环境。

② CASE 只是一种辅助的开发方法。它能帮助开发者方便、快捷的产生出系统开发过程中各类图表、程序和说明性文档。

综上所述，只有结构化系统开发方法才是真正能够较全面地支持整个系统开发过程的方法。尽管其他方法有许多这样或那样的优点，但都只能作为结构化系统开发方法在局部开发环节的补充，暂时都还不能替代其在系统开发过程中的主导地位。

军事信息系统系统集成技术

军事信息系统涉及信息获取、传输、处理、分发和利用的全过程，其应用范围极其广泛，既有独立的系统，也有嵌入各种武器平台的系统；既包括作战使用的系统，也包括日常办公和军事训练的系统。系统集成就是对这些系统进行有序整合，使之成为互联互通互操作的一体化大系统。从某种意义上讲，军事信息系统系统集成水平决定一支军队综合作战能力的发挥。因此，加强军事信息系统综合集成的原则、内容和关键技术等方面的研究，对提高军事信息系统系统集成水平具有重要的现实意义。

5.1 军事信息系统系统集成概述

5.1.1 军事信息系统综合集成的概念

随着世界新军事变革的发展，军事信息系统的建设发展也在发生革命性变化。海湾战争之前，世界各国的军事信息系统都是由各军（兵）种独立分散建设的，而各军（兵）种内部的各种信息系统，诸如侦察情报系统、指挥控制系统、军事通信系统、预警探测系统、信息对抗系统以及综合保障系统等也都是独立建设的。这些“烟囱式”系统造成大量重复建设，耗资巨大，效率低下，且无法达到一体化要求，与信息化条件下联合作战要求的互联互通互操作和信息共享有较大差距。另外，很多信息系统开发的初始目的只是实现相应的业务功能，开发人员并没有考虑到不同系统之间的数据交换和协同工作，采用的开发技术和标准也各不相同，这些异构系统造成系统间互联互通互操作异常困难，阻碍了军队信息化建设水平的进一步提升。从建设层面看，通常遗留系统执行着原有的重要的业务流程，完全摒弃遗留系统，重新“另起炉灶”开发新的系统，不仅造成对已有资源的浪费，而且会造成新的信息系统开发周期较长，投入的人力物力较大，总体代价较高，而通过综合集成的方式可以较好地解决上述的问题并满足现实需求。

综合集成的思想是我国著名科学家钱学森于 1989 年提出的，用于处理复杂巨系统问题。为了便于理解，首先介绍一些相关的概念，包括系统、集成、综合和系统集成。

系统一词源于英文 System 的音译。简单地说，系统是由许多部分按照一定的关系所组成

的整体。因此,系统的概念强调事物的整体性,强调事物是由相互关联的、相互制约的多个部分组成的具有特定功能的有机整体。系统既可以是抽象的,也可以是物理的。系统的存在依赖于环境,并与环境相互交流、相互影响。

集成是将原来没有联系或联系不紧密的若干单元或系统有机地组合起来,使之成为功能协调、联系紧密、整体优化的新系统。如果集成的各个部分原本就是一个个分系统,则这种集成就是系统集成,如将指挥、控制、通信、计算机、情报、侦察、监视进行集成构成指挥信息系统,则这种集成就是系统集成。

综合是把各种不同而互相关联的事物或现象综合在一起。综合的对象比系统集成的对象要宽泛的多,既包括各种有形物体(如指挥信息系统、武器装备、人员、信息基础设施等),又包括各种活动(如作战行动、指挥控制、军事训练、后勤及装备保障等)。

而系统集成则是综合运用各学科知识和各方面信息,采取定量与定性相结合,领导专家与群众相结合,逻辑推理与计算机模拟相结合,用于解决复杂巨系统问题。系统集成方法强调用综合的、联系的、开放的思维方式研究复杂问题,研究由整体到部分、部分与部分,再由部分上升到整体,最终认识复杂问题的总体性质;关于从定性到定量的系统集成,系统集成方法强调理论、知识、经验、判断与计算机、信息网络等技术手段的有机结合,通过从定性到定量的研究,找出解决复杂问题的思路 and 方案。

系统集成作为处理复杂巨系统的科学方法,它侧重采用系统工程的科学方法对现有系统进行有序的整合,其目的是构建一个满足用户需求的一体化的高效系统。因此,军事领域的系统集成,要以构建一体化军事体系为目的,利用信息技术的渗透性、连通性和融合性,对各种作战力量和作战要素进行融合,实现信息互通和资源共享,把分布于不同地区、隶属于不同军兵种的各级各类作战部队联结为一个有机的整体,形成适应其作战需求的信息化作战体系对抗能力。

军事信息系统系统集成是运用系统工程的原理,采用信息技术、决策技术和系统工程等技术,按照信息化作战要求和统一的技术标准,将多要素、多平台、多系统进行科学规范地整合优化、有机融合,采取去重补漏、填平补齐、查漏补缺、固强补弱等措施,使指挥控制、侦察情报、预警探测、信息对抗、火力打击、综合保障等系统成为互联互通互操作的一体化系统。通过整体优化、结构重组、信息化提升及改造等方法,在更高层次、更大范围和更大规模上实现整体协调和效能优化,取得整体大于部分之和的效果,并与国防信息基础设施无缝连接,实现各种信息的高度共享、信息与火力高度融合、侦察打击一体化等,形成整体作战优势。

军事信息系统综合集成的实质,是以信息力为主导,达成各级指挥要素、作战单元和保障系统的横向一体化,并通过与武器装备、作战方式、编成编组的良性互动,实现作战效能的整体提升。

5.1.2 军事信息系统综合集成的目标

通过军事信息系统系统集成,使不同配置和不同功能的各类信息系统能够协同工作,实质是要求所有军事信息系统能够互联、互通和互操作。其中,互联提供了军事信息系统内外畅通的通信链路,网络化是其基本特征,这是综合集成的前提;互通提供战场空间信息共享和交流,无缝和实时是其本质要求,这是综合集成的基础;互操作则是军事信息系统综合集

成的最高要求和最终目的。

(1) 军事信息系统的互联

互联(interconnection)是指军事信息系统内部和军事信息系统之间的通信链路能够畅通,这种连接使系统间构建了物理上的连接。要使各系统协同一致地完成信息化战场上复杂的作战任务,必须在系统间提供逻辑上的连接,即必须提供系统间互通和互操作的手段。

(2) 军事信息系统的互通

互通(interworking)是指在系统互联的基础上,为系统对内和对外远程交互的进程提供一套统一的服务,具有设备和网络透明性。一般来说,有两种方式可实现系统间的互通。一种是利用应用程序实现互通。从网络协议的角度来说,应用程序级互通的系统中除应用层协议外,其他协议都不相同。也就是说,应用程序直接建立在物理连接上,无中间协议。应用程序级互通最容易实现,但有很多弊端,比如,应用程序直接面对物理硬件,使得在系统中增加新功能或者修改旧程序,要为每台机器编写新的应用程序,而每一应用程序都需了解本机的所有物理连接,导致许多重复代码。另一种是网络级互通。这种方式主要基于网络的互连,提供从信源机到信宿机的实时分组交换。在网络级互通中,用户直接感受到的是分组交换服务,而不是网络连接。也就是说,网络级互通利用分组交换机制将底层硬件细节隐藏起来,避免了应用程序级互通的种种弊端。

(3) 军事信息系统的互操作

美国国防部军事术语词典将互操作性(Interoperability)定义为:系统、设备或部队向(从)另一系统、设备或部队提供(得到)服务的能力,基于这些能力使得它们之间能有效地协同工作。互操作需要实现两大目标:一是系统无关,即资源和数据的共享与主机系统无关;二是位置无关,指用户在访问其他系统的资源和数据时,不显示资源所在的位置,仅需指定要访问的资源。

军事信息系统综合集成互操作的实现能保证系统资源和数据的共享,从而为系统间的交互和协同工作提供必要的基础,也为军事信息系统的综合集成提供必要的条件。

5.1.3 军事信息系统综合集成的内容

综合集成的内容非常宽泛,通常包括信息集成、技术集成、系统集成、功能集成、手段集成、平台集成、结构集成和力量集成等。对军事信息系统而言,其综合集成的内容可以归纳为以下几个方面。

(1) 硬件集成

指在计算机和通信网络系统支撑下,按照统一的接口标准,实现各种预警探测设备、情报侦察设备、指挥控制设备、电子对抗设备和武器平台,以及其他信息系统硬件的集成。

(2) 软件集成

指通过共同的技术标准把各类软件有机地集成在一起,使之能够达到互联互通互操作的效果。这里所指的软件,在内涵上包括了系统软件、支撑软件、工具软件及应用软件。软件集成的重点是解决异构系统相互接口的问题。软件的集成应符合国际标准、国家标准或军用标准规范,以提高产品的标准化水平。

(3) 信息集成

信息集成是指对系统中的各种类型数据信息进行统一的规划和处理,去粗取精,去伪存

真,为各级用户提供统一的标准信息和界面,为实现数据的进一步挖掘奠定基础,便于实现信息的采集、传输、分发和共享。

(4) 功能集成

功能集成是指通过技术上的链接,使各分系统或者软件的功能能够集成在一起,并且能够相互支撑。通过功能集成,使信息系统的指挥控制、管理监控、安全保密等各项功能协调一致。

5.1.4 常用的系统集成技术

在军事信息系统综合集成过程中,既要考虑现有系统的特点,也要考虑常用的系统集成技术的特点,要将两者有机结合,充分发挥系统效能。系统集成技术涉及计算机硬件平台、网络系统、系统软件以及应用软件等的集成,一般可分为三个层次:网络集成、数据集成和应用集成。

(1) 网络集成技术

计算机网络系统集成是以用户的网络应用需求为出发点,综合应用计算机技术、网络技术以及通信技术等合理选择各种软硬件产品,通过集成设计、应用软件开发、安装组建、调试、管理和维护等大量专业性工作,使集成后的网络系统具有良好的性能价格比,能够满足用户的实际需要。网络集成为用户提供从方案设计、产品优选、网络规划、软硬件平台配置、应用软件开发,直到技术咨询与培训、售后服务等的总体服务,使用户得到一体化的解决方案。

网络系统集成的基本过程包括网络需求分析、网络系统设计、布线工程、交换机的选择和安装配置、路由器的配置和应用、服务器的安装和配置、网络系统测试、网络管理、网络安全、网络系统验收和维护等内容。

(2) 数据集成技术

数据集成就是将异构的、存在冲突、分散的源数据抽取出来,进行相应的结构和数据转换后加载到目标系统中的过程。实际上是一个消除源数据和目标数据差异和冲突,按目标系统要求而进行的一致化的过程。其根本任务是提供用户对多种异构数据源的透明、一致和实时的访问能力。

数据集成的数据源主要来自数据库管理系统,广义上也包括各类 XML 文档、HTML 文档、电子邮件、普通文件等结构化、半结构化信息。数据集成的难点主要体现在三个方面:

- 异构性。异构性主要表现在数据语义、相关语义数据的表达形式等。
- 分布性。分布性指因为数据源异地分布而存在网络传输的性能和安全等问题。
- 自治性。自治性指各个数据源可以在不通知集成系统的前提下改变自身的结构和数据。

(3) 应用集成技术

随着网络和分布式系统的发展,使得大量异构网络之间,不同厂商的软硬件产品之间广泛存在互操作问题,分布式操作和应用接口的异构性严重影响了系统间的互操作性。一般来说,凡是支持操作系统互操作性的技术,都可以被看成是应用集成技术,如 DCOM、RMI、CORBA 等。目前主流的应用集成技术有 Microsoft 的应用集成技术、对象管理协会的应用集成技术、Java 平台上的应用集成技术和基于 Agent 的计算机技术等。

应用系统集成从系统的高度为客户需求提供应用的系统模式,以及实现该系统模式的具体技术解决方案和运作方案,即为用户提供一个全面的系统解决方案。应用系统集成已经深入到用户具体业务和应用层面,在大多数场合,应用系统集成又称为行业信息化解决方案集成。应用系统集成可以说是系统集成的高级阶段。

5.2 军事信息系统综合集成工程

针对目前军事信息系统之间存在的互联互通性差和信息不能共享等突出问题,军事信息系统综合集成的总体思路:是以提高军事信息系统综合运用、综合效能为目标,以在役和在研系统为基础,以综合集成技术为途径,以先通信集成、后指控集成,再通信、指控、武器平台集成为步骤,在搞好作战体系结构、系统体系结构和技术体系结构设计的基础上,通过整体规划军事信息系统的研制与改造、整合现役各级各类军事信息系统、实施现役装备信息化改造及其与信息系统的连接等措施,使各系统物理上互连、逻辑上互通,使系统整体结构实现模块化、标准化和一体化,满足可靠性、维修性和保障性要求,不断提高军事信息系统的效费比,最终实现信息能力的综合集成,建成能够支撑一体化联合作战的军事信息系统。

5.2.1 军事信息系统综合集成规划设计

军事信息系统综合集成规划设计的核心内容是军事信息系统体系结构框架。该体系结构框架包括相互关联的三个子结构,即作战体系结构、技术体系结构和系统体系结构。这三个体系结构是实施综合集成工程的主要依据。

(1) 作战体系结构

作战体系结构是对支持作战功能所要求的作战要素、分派任务以及信息流程的表述,其主要任务是明确作战要素、行动和任务、信息交换需求等,常用图形表述,包括作战概念图、指挥关系图、活动模型、信息交换需求、需求能力矩阵表、基本节点连接模型等。一般由使用者论证、模拟仿真和拟制。

(2) 技术体系结构

技术体系结构主要确定服务、接口、标准及它们之间的相互关系,为系统的实现提供技术支撑。技术体系结构以工程规范为基础,是技术标准、惯例、规则和准则的集合,用于制定各特定系统体系结构和相关联的作战体系结构的系统业务、接口和它们之间的关系。技术体系结构的规划设计要做到:

- 明确目的。只有明确目的才可能深刻理解作战任务、作战要素、信息流和系统之间的复杂关系,才可能实现描述的深度、广度和具体化。
- 促进用户理解和沟通。应按照用户能够理解的方法表示体系结构,包括图形、表格、数据库和文本。
- 实现模块化、可扩展和可再用。这要求定义一组基本体系结构信息,使体系结构按照模块化构造,并按需综合、扩展和再用。

(3) 系统体系结构

系统体系结构是支持作战功能的系统及其相互连接的一种表述,包括各种图形和识别标

记,如关键节点、链路、网络、作战平台等的物理联接、位置和标识、系统及组成部分的性能参数等。系统体系结构应以技术体系结构中规定的标准来满足作战体系结构的需求。系统体系结构关系到对作战体系结构的物理资源及其性能属性的满足以及对技术体系结构中定义的每个标准的需求。系统体系结构依赖于技术,主要特性包括:

- 规定系统接口、定义系统间的连接;
- 定义系统的约束条件和系统性能特性的界限;
- 系统功能及数据存储的集群表示;
- 解释特殊系统的内部情况;
- 支持多个指挥组织及多种使命等。

总之,军事信息系统综合集成的规划设计就是把用户提出的问题和要求,用网络术语描述出来,经过技术方面的分析,提出一整套系统集成的设想和方案。在这个方案中应明确以下几个方面的内容:

- 对需求分析的技术性论证;系统的先进性、实用性、可靠性等的设想;
- 系统的总体规划;
- 系统难点、关键性问题的估计;
- 结构和组成设计,如说明系统集成包括哪些模块、哪些用户接口,用户界面等;
- 经费预算;
- 系统规划的技术文档。

5.2.2 军事信息系统综合集成过程

军事信息系统的综合集成,必须以作战需求为牵引,在认真研究分析作战需求的基础上进行信息系统的综合集成。按照系统工程的思想进行军事信息系统的综合集成,是一个反复迭代、综合分析和决策的过程,其基本程序分为三个阶段。如图 5-1 所示。

第一阶段: 论证与决策阶段

论证与决策是综合集成的早期研究阶段。该阶段的首要任务是进行作战需求分析并拟制综合集成发展的目标,应组织国家、军队各方面专家,根据我军军事战略方针、现实军事斗争任务和未来信息化战争的发展趋势,对综合集成发展战略、总体框架、作战需求、标准规范、运行机制和保障措施进行调查研究和科学规划。

其次,由使用方提出对集成系统的初步需求。研制方将系统要求用多种可实现的技术方案表述出来。在对多种方案进行定性和定量分析的基础上,进行功能分析、技术要求分配,建立相应的系统模型,借助计算机仿真技术对多种预选方案进行权衡研究、初步综合,提出备选方案。

最后,从多个备选方案中确定最终方案。通常由使用方组织严格的、具有权威性的方案评审决定。在方案评审前,研制方不仅要完成前述的系统分析与综合工作,还要完成一系列实验和鉴定。

第二阶段: 工程研制阶段

这一阶段的主要任务是完成军事信息系统综合集成的总体设计、综合集成试制和综合集成联试。

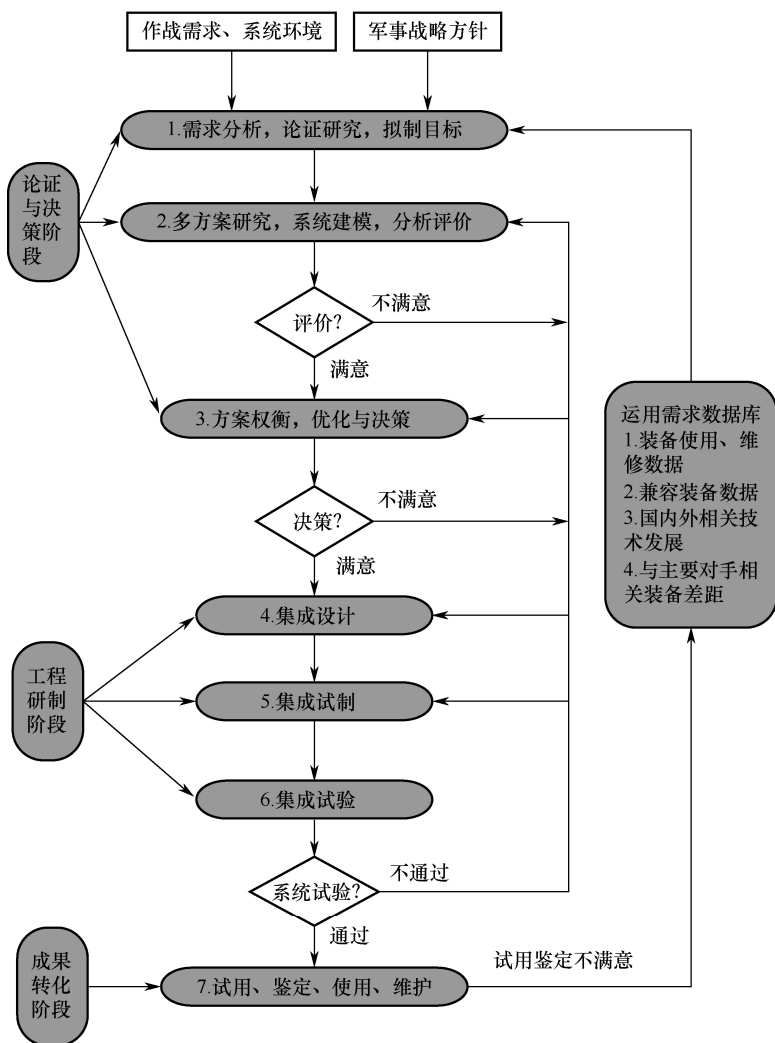


图 5-1 军事信息系统综合集成主要过程

综合集成的总体设计是从明确作战任务开始，通过需求分析、功能分析、系统综合、权衡研究和系统优化的迭代过程，产生一个定义明确、用一系列技术文件、图形、图表描述的满足使用方要求的文件系列，以实现集成试制的具体指导。

第三阶段：成果转化阶段

综合集成后的军事信息系统要在实际工作条件下进行定型鉴定实验和使用验证。实验后，经必要改进，满足预定的功能要求，实现综合集成成果的现实转化，形成真正意义上的战斗力。

5.2.3 军事信息系统综合集成的试制与联试

5.2.3.1 军事信息系统综合集成的试制

一个大型的综合军事信息系统是由纵向多层次和横向多方位的多个军事信息系统连接而

成的一个有机的网络整体。如联合战区综合军事信息系统,横向连接了陆军、海军、空军、火箭军等单位的军事信息系统。纵向则连接了战区本级、集团军、旅和团以及主要业务保障系统(中心)等单位的军事信息系统;而各级军事信息系统按照应用功能由信息获取(侦察情报、预警探测、定位导航)、通信、指挥控制、信息对抗、综合保障等若干个分系统组成。军事信息系统的系统集成主要是应用功能的集成。从各应用系统组成看,硬/软件平台选型与集成、共性应用软件的开发与接口设计的集成工作是共性的,可以集中讨论。所以,军事信息系统系统集成工程的实施,从底层向上,从共性到个性,分为硬/软件平台选型与集成、共性应用软件的开发与接口设计、应用分系统集成、全系统集成四个层次进行。

(一) 硬/软件平台选型与集成

硬/软件平台选型与集成是军事信息系统综合集成的技术基础,其性能优劣直接影响集成系统的性能。军事信息系统系统集成工程的实施,就是要将所选择的各种技术和设备集成起来使之良性运行,由于目前很少有厂家能提供满足一体化联合作战需求的硬/软件系统平台。因此,军事信息系统系统集成工程的研制者需要自己选择并集成系统的硬/软件平台。

1. 硬/软件平台的选型

硬/软件平台的选型既要遵循一般军事信息系统平台选型的规律,走开放式的国际标准化道路,又要满足军事信息系统的作战需求和应用开发要求,即要与全军指挥信息系统互联互通互操作,并符合五“统一”(统一通信接口、统一编程接口、统一最终用户接口、统一系统管理与服务管理、统一信息格式和数据格式)要求,以及满足一定的抗干扰和信息安全保密要求。硬/软平台的选型与集成可按计算机系统体系结构、硬件平台、软件平台等进行。

计算机系统体系结构的选型是综合集成的首要环节。它是针对使用者的实际需求,选择合适的计算技术,确定合适的体系结构,如集中式系统结构或分布式 C/S 结构,同时确定相应的网络拓扑结构。

硬件平台主要包括 PC 机、工作站、服务器、网络设备、各种输入输出设备等。在选择硬件时,要严格按照设备选型原则进行。

软件平台的选型就是选择合适的操作系统、网络操作系统、数据库管理系统以及程序设计语言等。其中操作系统的选择应考虑实时多任务、互通性和安全性,网络操作系统的选择应考虑综合、实时、可靠传输的要求。对于低层次的指挥信息系统,实时性是关键,所运行的任务模块不多,可以考虑单任务的操作系统;对于较高层次的指挥信息系统,所包含的要素多,且各要素同时执行多种任务,可以考虑选用多任务的操作系统,同时还要对先进性和成熟性予以权衡。

2. 硬/软件平台的集成

硬件平台集成主要解决系统互联问题。重点是局域网集成和广域网集成。

(1) 局域网集成

在未来信息化战场上,局域网是军事信息系统的基本工作平台。如在营级指挥车内,几台加固型计算机经集线器相连,构成简单的星型局域网。而在一个指挥控制中心,根据业务管理和安全保密需要,通常一个业务部门建立一个基本的局域网,整个指挥控制中心形成一个由多个局域网构成的树型局域网。无论是基本局域网,还是互联的网间网;无论是车载网,

还是固定网,局域网的集成过程大体相同。主要有三个步骤:①选择网络设备和计算机摆放位置,进行结构化布线。②工作台联网。安装计算机网卡和网络基本应用软件,设置网络参数,并进行联网调试。③多个工作台连接为局域网。安装网络互联设备,并设置参数。目前网络互联设备有网卡、集线器、收发器和中继器四类。

(2) 广域网集成

广域网是覆盖范围广的计算机数据通信网。局域网集成侧重的是资源共享。广域网集成包括铺设电缆、光缆,安装中继器、配置通信设备与通信系统,设置通信设备与系统的参数,测试全网运行情况等。常用的集成连接设备有调制解调器、交换机、路由器等。

软件平台集成主要解决系统互通问题。美军称为公共运作环境。软件平台主要分三层:①操作系统;②数据运行与管理、图形/图像管理、通信服务、安全管理等功能模块;③标准应用程序接口。层与层之间都有规范而完整的引用方法。第一层操作系统是软件平台的基础,为第二、三层提供服务。第二、三层是作战与业务应用程序的直接开发平台,是软件平台集成的主要内容。它们包含的功能模块很多,各个模块又用了不同的开发工具。代表性的有程序语言集成、异构与异种数据库集成、多媒体集成和文电功能模块的集成等。

(二) 应用分系统集成

主要以信息获取分系统集成、信息传输分系统集成、指挥控制分系统集成、信息对抗分系统集成、联勤保障分系统集成为例进行介绍。

1. 信息获取分系统集成

基于公共的硬/软件平台基础,信息获取分系统集成主要包括各种侦察、探测系统和平台的内部以及外部的互联,以及作战情报中心的集成。

侦察、探测系统和平台种类很多。从平台看,有空间、空中、地面、地下、水面水下;按技术手段有雷达、照相、红外、紫外、夜视、激光等。从集成角度看,主要是实现各侦察设备与子系统的内部互联,以及各种侦察探测系统和平台与情报处理中心的互联。互联方式分为有线连接和无线连接两类。

作战情报中心的集成主要指作战情报处理软件与各种侦察、探测系统以及文电软件的互通。首先,各种侦察、探测系统是作战情报处理软件的数据源。情报数据的汇集是由各个侦察与探测设备按照定义的信息格式,主动上报到情报处理中心。因此,要保证情报处理中心能及时收到这些数据,作战情报处理软件应采取客户机/服务器方式,与各个侦察、探测系统连通。其次,作战情报处理软件与文电系统互通。情报数据经过融合后,激活文电进程,形成作战情报文电,发送到上级和友邻信息处理中心。

2. 信息传输分系统集成

信息传输包含卫星通信、微波通信、短波通信、光纤通信和有线通信等多种网系。实现各网系的互联主要采用网关设备。网关的上端与各个网系相连,下端与局域网的交换机或集线器相连。在条件许可的情况下,每个网系自身应采用冗余设计、备份路由等措施,提高网系的生存能力。当网系互连后,网系之间互为备份,提高分系统的生存能力。如果某个局域网的用户数较少,各网系可以通过相应的集线器与局域网连接,实现互连。

所有网系的网管子系统集成不是简单地互联,而是要建立更高级的分系统网管子系统,对各个网系的工作状态进行监视,实现网系间的传输信道调度。

网管软件的集成主要有以下三项任务:

- 定义监视对象。大多数网络互连设备支持简单网络管理协议 (SNMP), 在分系统的网管服务器中可直接选择它们, 作为监视对象。监视对象可以是各个网系的网管设备, 也可以是网系内的网络互连设备。
- 定义管理数据。每个网系的网管数据库保存着该网系的性能参数和工作状态, 分系统的网管数据库应保存那些在分系统管理和传输信道调度时需要的参数。例如, 网系的工作状态、可用信道数等。
- 定义控制权限。正常情况下, 每个网系完成规定的传输业务。而当某个网系出现故障时, 至少有一个网系作为它的备份, 完成它的传输业务。分系统网管有权决定哪个网系作为备份, 有规范地控制流程。

3. 指挥控制分系统集成

指挥控制分系统集成主要指各级指挥所和指挥车的集成。在公用的网络和软件平台之上, 各级指挥所控制系统集成的主要任务有两点: 一是各种应用软件的连接; 二是战斗指挥车与作战武器的互通。

(1) 应用软件的连接

应用软件的联接只对相关软件而言, 如果两个软件没有一点联系, 就不存在集成问题。相关软件集成的主要任务有:

- 检查相关软件之间的信息流程是否正确。信息流程不正确, 作战情报不能到达指定的地点, 影响整体作战效能。这项工作由指挥人员和技术人员共同完成。
- 核实数据相连方式是否合理, 保证信息流程得以实施。
- 调试相连数据, 运行相关软件。根据明确的数据格式定义, 检查输入/输出结果是否正确一致。

(2) 战斗指挥车与作战武器的互通

首先, 在作战武器上嵌入信息处理单元。然后, 用无线信道把战斗指挥车与作战武器连接起来。最后, 调试战斗指挥车向作战武器发送战场情报和战斗行动命令的功能。此外, 由于空间有限、电子设备较多, 还要特别注意物理结构设计和电磁兼容性设计。

4. 信息对抗分系统集成

信息对抗分系统的集成包括基于信息传输分系统的对抗武器集成和对抗中心集成两部分。对抗中心集成主要指电子侦察情报处理软件与各个电子侦察与干扰设备、文电软件的互通。首先, 各个侦察设备是电子侦察情报处理软件数据源。情报数据的汇集是由各个侦察设备按照定义的信息格式, 主动上报到对抗中心。因此, 要保证对抗中心能及时收到这些数据, 作战情报处理软件要采用客户机/服务器方式, 与各个侦察设备联通。其次, 电子侦察处理软件与文电系统的联通。在对抗中心, 电子侦察情报处理软件通过情报数据与文电系统相通。情报数据经过融合后, 激活文电进程, 形成电子侦察情报文电, 发文到上级和友邻指挥所。同时, 对抗中心的对抗指挥软件根据电子侦察情报文电, 生成电子作战文电, 发送到各干扰武器。

5. 联勤保障分系统集成

在数字化战场上, 联勤保障分系统属于场外部分, 它的集成主要有两个部分: 一是基于

信息传输分系统的各类仓库、医院和联勤指挥中心互联；二是联勤指挥软件与各类仓库、医院管理系统的互通。各类仓库和医院管理系统与作战应用软件中的业务处理软件相同，它们的硬件环境是局域网，软件环境是专业数据库管理系统与文电系统。

联勤保障分系统集成的另一项工作是联勤指挥软件与各类仓库、医院管理系统的互通。首先，根据作战意图和战场态势，联勤指挥中心下达武器弹药的调配命令。这些命令联动各类仓库的数据库管理系统，修改数据。因此，命令的准确性必须保证。其次，武器弹药的调配情况应及时地报告联勤指挥中心。

（三）全系统集成

各个功能分系统集成完成后，全系统级集成就比较简单。集成内容包括网络平台、软件开发平台到各种作战软件，从数据、文电到软件功能。主要步骤包括：

① 以通信网络系统为连接平台，实现获取、指挥控制、电子对抗联勤保障分系统的互联。调整通信网系的有关边界路由器的路由表，配置通信协议等参数。调整通信网系的有关边界路由器的路由表，配置通信协议等参数。调整各指挥中心服务器的用户配置表，使它们在授权下可以互相访问，发送邮件。

② 配置各平台软件的用户登记表，使 5 个分系统的指挥中心构成开放系统，文电互通，网上电视会议共同参加，数据库分布共享。

③ 各个作战应用软件按照自己的定义，实现 5 个分系统的指挥中心的数据联动。

（四）共性应用软件开发及接口设计

按照功能要求，共性应用软件一般可划分为文电处理系统、数字地图与地理信息系统、态势处理系统、综合数据库系统、系统监控系统、安全保密系统等。共性应用软件开发就是将共性应用软件按照功能要求进行分工，并定义有关接口以确保系统间的协调工作。

接口是指两个不同系统（子系统）之间的交接部分，包括内部和外部接口。内部接口是指军事信息系统内各应用软件之间的信息传递和调用关系，如文电处理系统与数据库系统之间、文电处理与图形处理之间、图形处理与应用软件之间、数据库系统与应用软件之间的接口等。外部接口的含义非常广泛，包括军事信息系统与上下级军事信息系统的连接，同级系统内不同功能系统之间的连接；与各层次的软件、硬件接口及网络通信接口的连接等。接口设计的目的是要确保不同系统之间的信息传递、交换和共享。

5.2.3.2 军事信息系统综合集成的联试

综合集成的联试是综合集成的关键阶段。综合集成的联试是一个不断发现问题、并不断解决问题的过程，也是一个不断评估系统性能和功能指标、并不断改进设计、更新目标系统的过程。一般可以分为三个层次。第一层次是功能分系统联试。第二层次是物理分系统的外场集成联试。外场集成联试是在技术总体的指导下，进行系统软、硬件设备的联结和试验，检查软、硬件的可靠性，系统中各种接口关系的正确性以及系统中各种人机接口及工作方式的适用性等。外场集成联试经考核后，系统才能转入现场集成联试阶段。第三层次的集成是物理分系统/全系统的现场集成联试，包括各物理分系统在现场的安装、恢复、调试，以及全系统集成联试。重点在于解决系统之间的互连、互通，单个指挥所和全系统合成指挥功能及工作方式的适用性、系统的可靠性等。现场集成联试经考核通过后，全系统转入部队试用、

验收以及使用维护阶段,使之实现军事信息系统和指挥人员的集成,最终达到全局最优。

全系统的集成不是简单的设备连接,而是使系统性能达到最优化的组合。因此,系统测试时,必须以系统设计方案为准,有一套完整的测试大纲,确保各项性能指标的实现。综合集成的整体测试大纲主要包括系统功能检验,战技指标测试,系统综合功能检验,失效和故障数据收集与综合分析,全系统的质量评定等。

对综合集成的效果进行评测,主要有以下几个特点:

- 复杂性。数字化战场是一个多目标、多因素的复杂系统。在信息获取质量、信息传输质量、信息处理质量等方面都有具体的指标,实现这些指标要在设计、采购、研制、集成等各个阶段把好质量关。
- 模糊性。在质量评定时,一些事物的总体优劣受多种因素的影响,不能单纯用好坏来区分。例如,软件质量的评估是一个多因素、多指标的复杂的评估过程,不能用仪器或量具进行定量测定,需要用模糊综合评判法。
- 散差性。评审组成员工作环境不同,对同一问题的认识不尽相同,必然造成评定结果存在合理的散差。
- 规律性。根据工程经验,评审组成员的评判值一般呈正态分布,即大部分意见比较集中少数意见偏差大一些。评判结果可以取平均值。

5.2.4 军事信息系统综合集成方法

军事信息系统综合集成必须依据综合集成的方法论,下面列出几种切实可行的综合集成方法。

(1) 嵌入法

“嵌入法”是工程技术领域的一个基本方法。所谓“嵌入法”,是指在近期、中期内着重于在现有武器平台系统上采取“插入”新技术来提高其作战能力的方法。20世纪90年代初,美国陆军首次提出把“嵌入法”用在武器装备建设领域。“嵌入法”将一些具有互补性的新技术同步地“插入”到一组武器平台系统中。嵌入法既是武器装备建设的一种全新的指导思想,也是信息系统建设一种行之有效的方法。

(2) 构件法

军事信息系统综合集成的主体和核心是应用软件集成。按照现代软件工程技术,应用软件应采用基于功能模块的构件化方法实现。首先,对各类应用软件进行梳理、分析和归类,通过优胜劣汰、去重补缺,对现有软件功能模块进行构件化改造,形成共用和专用功能构件。然后,根据作战需求,按照软件集成规范要求,利用功能构件,装配满足不同作战使命要求的应用系统。其中,共用功能构件由总部负责组织遴选、改造和推广;专用功能构件由各军兵种按照软件集成规范研发、改造。

(3) 总线集成技术

军事信息系统具有软件规模巨大、信息需求变化大、信息交互复杂、功能扩展需求多等特点,一方面,需要以提高系统互操作性为主要目标,及时制订或修订信息系统的各种技术体系和标准;另一方面,需要研究一套支持按需应变的敏捷软件技术,研制一种能适应信息资源可能变化的平台软件。

所谓总线集成技术,即通过构建满足应用程序或功能构件“即插即用”服务功能的软总线,基于该软总线,直接将应用程序或功能构件集成到系统环境中,使各应用程序段或功能

构件能够进行信息交互。运用总线集成技术,能大大降低应用程序之间和功能构件之间的耦合度,满足系统大规模、高动态的集成需求。

(4) 数据库共享法

建立联合共享数据库,是实现各级各类信息、系统信息共享的重要途径。首先,根据诸兵种联合作战信息共享需求,进一步优化和完善作战指挥综合数据库,制定信息共享数据格式和技术标准,指导和规范各类数据库的改造和完善。然后,随着作战指挥系统建设的纵向延伸,逐步建立涵盖军委联合作战指挥机构、作战集团指挥机构、作战单元指挥机构的多级作战指挥数据体系,依托各级作战部门和作战单元,实现数据实时采集和动态更新。同时,建立作战指挥数据与业务数据的关联机制,实现信息双向互动和有权共享,构成能及时反映敌我双方动态情况的联合共享数据库体系,为作战指挥提供信息支持。

(5) 统一技术体制法

采用统一的技术体制,实现集团军诸兵种现有信息网络互连,是综合集成的基础。为此,要通过统一通信技术体制,完成对信息网络的信道扩容、完善改造和用户剥离,构建连接联合作战指挥机构到作战单元指挥节点的网络平台;要统一通信与其他信息系统的体制,根据联合作战信息交换关系,通过“网关”接入侦察情报、预警探测等经过融合处理后的信息;要统一指挥信息系统体制,在网络、终端、应用和数据等多层面进行连通和共享;要统一安全体制,建立以综合安全管理为核心,涵盖访问控制、入侵检测、主机防护、病毒查杀、安全认证和数据加密的一体化安全保密体系,实现局域管控、广域监察、多级安全和信息保密的安全防护目标。

5.3 军事信息系统综合集成效能评价

5.3.1 军事信息系统评价要素和原则

军事信息系统的评价是对系统的功能、性能进行全面估计、检查、测试、分析和评审,包括对实际指标与计划指标进行比较,以确定系统目标的实现程度,并对系统建成后产生的经济效益和军事效益等各个方面进行全面的评价。

1. 军事信息系统评价要素

军事信息系统评价主要涉及以下基本要素:评价者、评价对象、评价目标、评价指标和评价原则及策略。通过对各个基本要素有机组合而组成为一个评价系统。

评价者是某个具体评价问题的参与者,一般包括评价方法方面的专家,也包括对评价对象有一定了解的人员。

评价对象是通过评价过程所要描述的对象,是评价者的作用对象。

评价目标是通过评价所要达到的目标。对不同的评价目标,对于某个评价问题的结果往是不同的。评价目标是评价活动的灵魂,也是评价指标制定的重要依据。

评价指标是评价对象中的一些特殊属性体系,这些特殊的属性代表了评价对象,是评价对象的本质反映。

评价原则及策略是开展评价活动的过程中所要遵循的基本准则以及工作方法和手段等。

2. 军事信息系统评价原则

军事信息系统评价有其特殊性,除了掌握一般系统评价的原则,还应该遵循满足军事信息系统特性的原则。

(1) 整体性

从全面的、整体的观点处理问题,全方位、多层次地对系统运行情况做出评价。要求以系统理论为指导,采用系统工程理论与方法对目标的整体运行情况展开综合评价工作。

(2) 综合性

要从军事战略、武器装备发展战略、作战思想、信息技术、社会、环境、政策等多方面对系统进行综合测定和评判,要求评价者具有多方面、多领域知识的综合能力。

(3) 主观性

由于军事信息系统综合评价所研究的问题多为非定量、不确定的因素,导致综合评价带有一定主观随意性。综合评价就其本质而言是对系统状态的整体性测定和评价,并将其转化为评价者的主观效用过程,从现代管理角度来看,决策是一个方案主观选择的过程。

5.3.2 军事信息系统评价步骤

对某一特定的评价问题,一旦相应的评价系统确定之后,该评价问题就成为按既定步骤进行“度量”的问题。一般而言,可以按照如图 5-2 所示的步骤开展评价工作。

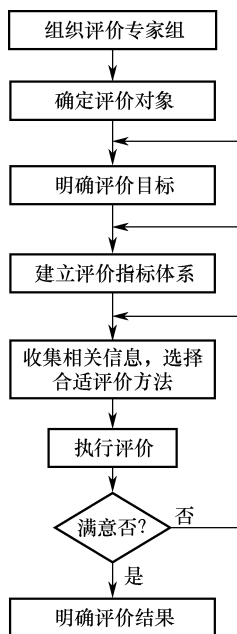


图 5-2 评价步骤示意图

- ① 组织评价专家组,也就是评价者。
- ② 确定评价对象,也就是明确要评价问题的范围和界限。
- ③ 明确评价目标。
- ④ 建立指标体系。
- ⑤ 收集相关信息选择合适的评价方法。

⑥ 执行评价。

⑦ 判断评价结果是否满意。如果评价结果不理想,首先要分析原因,检查评价目标是否明确?指标体系是否合理?评价方法选择是否恰当?然后从出问题的地方重新开始评价过程。如果评价结果比较理想,进入到最后一步,明确评价结果。

⑧ 明确评价结果。针对评价目标,评价结果一般是对评价对象的一个综合性结论。这个结论不仅包括评价的最后结果,还应包括出现这个结果的原因以及针对这些原因提出的改进意见等可供管理者进行决策的相关资料。此外,明确评价结果还应该包括对这个评价过程的评价:评价过程组织是否合理,评价方法是否恰当,评价结果的可信度等都应该出现在最终的评价报告中。

5.3.3 军事信息系统效能评估指标体系与内容

指标是衡量系统总体目标的具体标志。效能指标是衡量武器系统在特定的一组条件下完成规定任务程度的量度。军事信息系统集成建设评估体系,是指军队各领域信息化建设活动所建立的评估指导思想、评估原则、评估组织机构、评估指标体系、评估标准、评估模型、评估方法等的集合。其研究目的是通过评估,为军事信息系统集成建设战略规划决策服务,为军事信息系统集成建设拟建项目指明方向。

为了比较和评价各系统或作战行动效能的优劣,有必要采用某种定量尺度来度量其效能,这种定量尺度称为作战效能指标。由于作战情况的复杂性和作战任务要求的多重性,对作战效能的评估通常选取多层次、多方面的一组效能指标构成一个效能指标体系。指标体系由反映被评估对象多方面属性的一组相关指标组成,而一个指标体系往往只能满足被评估对象某一方面的特性。因此,在建立指标体系前,要明确对评估对象效能评估的目的,并按照一定的原则建立相应的指标体系,这样才可能得出合理的评估结果。

1. 军事信息系统集成效能评估指标体系

对系统进行评价,不可避免地存在确定目标函数或指标的问题。科学、合理的指标体系是系统效能评估的基础和必要条件。对军事信息系统的效能评估,制定出一个充分体现系统特点的、完整的指标体系,才能产生对军事信息系统全面、客观的认识,从根本上保证评估的科学性。

目前,国外比较认可的军事信息系统的效能评价指标分为四类,即系统参数(Dimensional Parameter, DP)、系统性能指标(Measures of Performance, MOP)、系统效能指标(Measures of Effectiveness, MOE)、作战效能指标(Measures of Force Effectiveness, MOFE)。系统效能度量依赖于系统性能和兵力因素,体现系统与其他系统和人的因素结合后所具有能力的度量。而系统作战效能度量依赖于系统效能量度和环境因素,体现系统与其他系统和人结合后在实际作战环境中完成任务程度的度量。

系统参数和性能度量是对系统内部具有的特征和能力的描述,而效能度量、作战效能度量是系统在外部环境中表现的特征和能力的描述。系统的性能高不等于系统的效能高,系统效能高并不意味着作战效能也高。

就国内情况而言,更多使用技术指标和战术指标来描述军事信息系统的效能。技术指标是用来描述武器系统各子系统的功能,是系统重要行为属性的量化描述,用来度量系统物理

和结构上的行为参数和任务要求参数，一般与环境无关，取决于系统部件或子系统本身的特性。战术指标是用来表示系统达到规定目标程度的定量，是对系统进行分析比较的一种基本标准。它是武器系统单项性能——可用性、可信性与固有能力的综合。它度量了一定作战力量使用武器系统执行作战任务的有效程度。因此，可以认为，这里的战术指标大体上对应的是系统效能指标和作战效能指标。技术指标大致对应系统的系统参数和系统性能指标。

军事信息系统效能评估必须与实际运用相结合，以系统在使用环境中完成使命的程度为标准。所选的指标应考虑各类系统的共性指标，所确定的指标项目应是面向系统整体性能的指标。

根据系统效能的层次性特征，将系统效能指标进行层次化分解，以利于简化评估的复杂性。目前国际上一般把军事信息系统的效能分解为指挥（Command）、控制（Control）、通信（Communications）、计算（Computing）、情报（Intelligence）、监视（Surveillance）和侦察（Reconnaissance）等 7 个分系统效能，即 C⁴ISR 系统效能。而根据我军信息系统建设现状和国情，可将军事信息系统的效能分解为预警探测、作战指挥、武器控制、作战保障和安全保密等五个方面。总体效能指标如表 5-1 所示。

表 5-1 总体效能指标

序 号	名 称	内 容	
1	预警探测	1	情报融（综）合
		2	侦察情报处理
		3	空情预警探测
		4	电子情报
		5	气象情报
		6	预警指挥飞机情报
2	作战指挥	1	作战指挥
		2	截击引导
		3	地面防空
		4	电子对抗
		5	决策支持
3	武器控制	1	对空中作战飞机控制
		2	电子战飞机控制
		3	地面防空武器控制
		4	综合数据链
4	作战保障	1	通信保障
		2	军务动员
		3	政治工作
		4	后勤保障
		5	装备保障
		6	技术保障
5	安全保密		

军事信息系统的各分系统效能主要通过技术和战术指标来度量。需要指出的是，技术指标和战术指标描述的是系统指标的两个不同的侧面，有些效能指标可能只有技术指标，有的

可能只有战术指标，而有的既有技术指标，又有战术指标，因此对效能指标一定要进行详细分解，要能够全面、准确地反映系统效能。比如，预警能力指标可分解为探测范围和预警时间。探测范围是技术指标，表示不同高度可以探测的距离，反映地面雷达、预警指挥飞机、侦察、地面防空、电子对抗等装备单项及综合性能。预警时间属于战术指标，表示不同高度能保障作战效果的准备时间，反映地面雷达、预警指挥飞机、侦察、地面防空、电子对抗综合效能。这两个方面共同反映系统的预警探测效能，缺一不可。

保障容量的技术指标和作战指标含义不同，技术上的保障容量，是指服务器处理的保障批数，不太重视密度或更新性。而战术指标，作为预警需要可以不计较更新性，效能指标可等同于性能指标，作为作战需要，特别是作为截击引导需要，保障容量是指单批空情密度不低于 6 点/分的保障批数，即更新性不大于 10 秒的情况下保障的空情批数。

指挥引导能力应区分技术指标和战术指标。技术指标是系统解算容量、解算速度、对空台（数传设备）保障容量，而战术指标是包括系统解算容量、解算速度、对空台（数传设备）保障容量、系统解算精度、引导指令密度和长度、引导人员反应能力等因素在内的综合指标。

武器控制效能主要指标可分解为通信距离、工作频段、传输速率、系统容量、抗干扰体制、跳频速率、组网协议、保密、话音功能、工作环境温度等。

对作战保障效能评估，一般采用定性和定量相结合的方法，除通信保障效能可细分出战技指标外，其他保障效能以定性评价为主。

对预警探测分系统而言，效能指标包含雷达、侦察、电子、气象、预警指挥飞机等武器装备单项或综合的预警情报保障能力。

对预警探测主要效能评价可细分为保障机制、预警能力、情报质量（精确性、更新性、漏情率、虚警率、融合程度）、保障容量、敌我识别能力、与作战指挥体系的交链程度、武器装备保障能力等。

总之，建立军事信息系统效能评估的指标体系是效能评估的前提，对评估结果的可信性和科学性有较大影响，具体指标体系的建立应根据评估工作的侧重而有所不同。

2. 军事信息系统集成效能评估内容

按照信息系统集成建设行为发生的时间顺序，将军事信息系统集成建设效能评估内容分成前、中、后评估三个部分。这三个部分涵盖了军队信息系统集成建设基础设施、军队信息系统集成技术、军队信息资源管理、军队信息化建设体制、军队信息化建设技术标准、军队信息化建设人才、军队信息化建设政策法规等。

（1）军事信息系统集成建设规划评估

军事信息系统集成建设规划评估也称为前评估，主要对拟建军事信息系统集成建设项目的必要性、采用的技术标准与规范等进行评估，其目的是为项目的规划决策服务。

（2）军事信息系统集成建设状况评估

军事信息系统集成建设状况评估也称为跟踪评估，指对目前信息系统集成建设所处的状态进行评估，主要包括以下 6 个方面：

- 信息系统环境评估，包括网络系统构架、基础操作系统、数据库平台、数据备份与存储能力以及系统与信息安全评估等。
- 信息系统应用现状评估，包括现有系统利用情况、信息系统覆盖范围、信息系统功能的发挥情况以及信息系统集成建设的满足程度等。

- 信息系统的集成度评估, 包括网络集成度、数据集成度、应用软件集成度和管理模式集成度等。
- 信息资源评估, 包括信息来源、信息处理及信息共享等。
- 信息化人力资源评估, 包括系统集成建设和应用单位的组织构架、人员组成、责权划分与配套情况、业务水平以及业务人员培训等。
- 信息化相关制度和法规评估, 包括信息化建设规范、制度的建立及执行情况等。

(3) 军事信息系统已建项目评估

军事信息系统已建项目评估也称为后评估, 主要是针对已完成的信息系统项目进行评估, 其目的是评价已完成项目的优势与不足, 并总结经验教训。主要包括两个方面:

- 总结性评估, 即通过对已完工项目进行总结、分析, 吸取经验教训, 为后续建设的信息化项目提供依据。
- 军内外对比评估, 即与外军信息系统集成建设项目和地方单位的信息化建设项目进行对比分析, 找出存在的差距, 明确下一步改进的方向和目标。

5.3.4 军事信息系统集成效能评估方法

效能评估方法主要包括解析法、性能参数法、多指标综合评价法、作战模拟法、试验统计法等。

(一) 解析法

所谓解析法, 指的是以数学分析、线性代数、概率论、军事运筹学等数学原理为工具, 通过严格的推理分析获得确切的效能评价数据的处理过程, 是根据反映效能指标和给定作战条件之间函数关系的解析表达式来计算作战效能指标。

解析法的优点是依据装备的性能指标与设定的各种条件及其相互间关系, 通过数学模型中的解析表达式来计算指标值, 计算较为简单, 且能进行变量间关系的分析, 便于理解和应用。缺点是考虑因素较单纯, 设定的条件较严格, 公式本身也不易得到, 而所得结果过于抽象, 使用起来有局限性。解析表达式可以直接根据军事运筹理论建立, 也可以用数学方法求解所建立的效能方程得到。

解析法主要包括 ADC 法、SEA 方法、量化标尺评估法、阶段概率法、结构评估法、灰色评估法等。

1. ADC 法

按照美国工业界武器效能咨询委员会(WSEIAC)的定义, 效能是一种武器系统完成特定任务要求或达到规定目标程度的度量。它是系统的可用性、可信性和能力的函数, 并可由三者的向量或矩阵乘积来表示。当系统的可用性向量为 A , 可信性矩阵为 D , 能力向量为 C 时, 效能向量 E 可为

$$E = A \times [D] \times C$$

ADC 法主要特点是, 应用该模型时要仔细研究系统执行任务时的各种重要状态和可能产生的结果。然后将系统的可用性量度、可信性量度与系统的状态联系起来, 并用能力量度将系统的可能状态与执行任务可能产生的结果联系起来。

最简单的情况是系统仅有正常和故障两种状态, 这种情况下, 系统的可用性、可信性和

能力可回答以下几个问题:

- 系统开始执行任务时是否处于正常状态?
- 若系统开始执行任务是处于正常状态,在执行任务的整个过程中能否正常?
- 若系统执行任务时正常,能否成功地完成预定任务?

该模型适合于系统状态较少的情况。系统的状态较多时,上述问题将很难回答。

2. SEA 法

该方法可用来研究系统与使命的匹配程度,并以此作为衡量系统的效能指标,这类方法的基本特征是将系统的参量指标或性能指标融入战斗动态方程中,通过对参量的变化,分析参量对系统整体效能的影响,进而分析系统的效能。

SEA 方法把以下两个问题紧密结合在一起考虑:

- 系统所拥有的技术组成、结构及其行为所表现出的系统完成规定任务的能力;
- 系统用户对系统上述能力要求。

SEA 法以 6 个概念为基础:

- 系统 (System): 系统是由部件、部件的互联和一组操作方法组成。
- 使命 (Mission): 使命是赋予系统必须完成的任务,由一组目标和任务组成,使命的描述应尽可能明确以便能够构造出解析模型。
- 域 (Context): 域表示一组条件或假设,是系统和环境存在的条件和假设,它可以对系统施加影响但系统不能影响域,它是与系统发生作用又不属于系统的元素的集合。
- 本元 (Primitive): 本元是描述系统及其使命的变量和参数。
- 属性 (Attribute): 属性是描述系统特性或使命要求的量。
- 有效性指标 (Measures of Effectiveness): 有效性指标是从系统属性与使命属性比较得到的量,它反映了系统与使命匹配程度。

使用 SEA 法的基本思想如下:

- 先选择系统的本元集合,本元之间必须相互独立。
- 确定分析中感兴趣特性的系统属性。属性表示为本元的函数,通过函数的计算、模型的建立、计算机模拟或实验数据得到属性值,属性之间并不要求独立。
- 再选择使命的本元集合,确定使命属性,使命属性表示为本元的函数。比较使命属性和系统属性,画出使命轨迹和系统轨迹,评价系统完成使命的情况,即确定有效性指标并计算。

SEA 法的主要特点如下:

- SEA 法把系统的能力与使命的要求放在同一个性能度量空间中比较,从而实现了系统完成任务程度的评价,所定义的系统效能值具有明确的含义。
- SEA 法是从系统运行的动态过程中去考察和分析系统效能,从而比较全面地描述了系统、环境及使命对效能的影响。

3. 量化标尺评估法

该方法的基本思想是首先根据战技指标体系来确定系统的分层结构和评估项目,然后确定各分系统评估项目的加权系数,根据各指标的给定量化的标尺,对各指标进行评估,最后对系统进行综合效能评估。该方法比较适合于系统不同方案的综合比较。缺点在于量化标尺的

选取很难统一。

4. 阶段概率法

该方法把系统完成任务划分成几个阶段,取各阶段完成任务的概率积作为效能值,比较直观易懂。由于在不同的情况下,各阶段完成任务的概率不是一个定值,因而它只能反应一种具体阶段划分后的效能,无法综合全系统的效能。

5. 结构评估法

该方法是用战技指标的符合程度来评估效能,考虑因素比较全面,适用于系统方案的检验。不足之处在于,把所有指标都映射到 $[0, 1]$ 区间上,虽然达到了量化的目的,但难免导致不合理的结果出现,因而,使用该方法尚有一定困难和局限性。

6. 灰色评估法

灰色评估法的基本思想是:先给出反映评价指标与各组成要素之间内在联系的层次结构,再根据少量已知的信息,运用灰色聚类分析构造出尽可能完善的数学模型,确定出不同聚类指标的白化数,再按几个灰类进行综合、归纳,以判断聚类对象归属,最后得到对系统的总体评价,为评估决策提供定量分析依据。

使用此方法时应注意以下事项:

- 专家组的组成必须科学合理,不仅包括相关领域的专家,还应该包括系统工程专家,采用多次征询,反复修改。
- 权重系数可以采取层次分析法确定。
- 评分等级应该具有很强的区分度。
- 确定评估灰类。确定评估灰类就是要确定评估灰类的等级数、灰类的灰数及灰数的白化函数。白化函数是描述灰数在取值范围内白化成某个白化值的可能性或偏爱程度或满意度等,也就是说使灰色系统白化,即将有限的信息进行合理的加工处理,以形成更多的信息,使灰色系统变得更清楚。
- 由于评估结果是一向量,可对其进行单值化处理,采用的方法主要有加权平均原则、简单平均原则、最大隶属度原则等方法。

(二) 性能参数法

性能参数法是采用军事信息系统的某些典型性能指标,并进行适当综合来描述系统的效能,它具体又可分为专家征询法、性能指数法等。性能参数法简单易行,比较适合于论证方案的系统效能评估。

1. 专家征询法

专家征询法(Delphi法),是指依靠专家的知识 and 经验,在掌握一定的客观情况和实际资料的基础上,对征询项目做出评价的方法。该方法采用匿名的方式,收集和征询该领域专家们的意见,将其答复作统计分析,再将分析结果反馈给领域专家,同时进一步就同一问题再次征询专家意见,如此反复多轮,使专家的意见逐渐集中到某个有限的范围内,然后将此结

果用中位数和四分位来表示。

其主要特点是：

- 匿名性：被征询的专家以匿名的方式交换看法。
- 反复性：Delphi 法一般进行多轮（通常为 2~4 轮），使参加征询的专家反复交换意见。
- 反馈性：评价小组对每一轮的处理结果在下一轮开始之前反馈给每位专家，以便专家掌握每轮的处理结果和其他专家提出的意见，供下一轮征询时参考。
- 收敛性：由于评价工作反复进行，经过几轮之后，评价结果会相对集中，最后得到比较一致的结论意见。

在效能评估过程中，常采用“中心意向统计法”计算征询结果。该方法根据来自专家们的全部征询数据，计算其平均值（M），并通过其方差（D）得到标准值（E）。

对各个征询意见作统计分析和综合归纳时，如果发现专家的评价意见离散度太大，很难取得一致意见时，可以再进行几轮征询，然后再按上述方法进行统计分析，直至取得较为一致的意见为止。

采用专家法的优点有：

- 采用该方法得到的结果通常比专家小组面对面座谈得到的结果真实；
- 该方法的评价结果和专家们的各种意见具有同等精度；
- 该方法的优点是简单、快速，能对得出好或差的宏观判断。

但是专家法的缺点是工作量大，且征询时间长，不易做出准确的定量分析。

2. 性能指数法

性能指数法是一种比较简明的效能评估法。它以某一特定的对象为基础，把其他各类分析对象按照相同条件与其相比较和综合。在计算综合效能时，以作业能力为基础指数，其他因素看作修正指数与其相乘，得到最后的结果。各指数的获得可以通过模型计算、专家评估或其他方法。性能指数法的优点是简单明了，通常用于结构简单、规模较大的宏观模型，但不适合解决要求细致描述的机构问题。

（三）多指标综合评估法

该方法就是把多个描述被评估事物不同方面且量纲不同的指标，转化成无量纲的相对评估值，并综合这些评估值以得出对该事物一个整体评估的方法。

多指标综合评估法有以下特点：

- 多指标综合评估方法包括多个评估指标。
- 多指标综合评估方法中的多个指标是分别描述被评估事物各个不同方面的，它们应该包含被评估对象的全面信息。
- 各评估指标的量纲可能是各不相同的。
- 多指标综合评估的前提是必须把有量纲的指标实际值转化成无量纲的相对评估值。
- 多指标综合评估方法要把各指标评估值合成在一起，得出一个整体性的评估。

对于某些复杂的系统，其效能呈现出较为复杂的层次结构，有些较高层次的效能指标与其下层指标之间有相互影响，但无法确定函数关系，这时只有通过对其下层指标进行综合才能评估其效能指标。

多指标综合评价法包括效能评估指标体系的建立与指标值的获取与综合两部分。多指标

综合评价法在效能与作战条件间不存在明确的函数关系时,是一个有效手段,其难点是指标值不易确定。

1. 线性加权法和法

线性加权法和法的评价模型为

$$y = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i$$

式中,

y —被评价系统的综合评价价值;

ω_i —第 i 个评价指标相对于 y 的权重系数;

x_i —第 i 个评价指标的评价值;

n —评价指标的个数。

该方法的主要特点有:

- 适用于各评价指标之间相互独立的情况。若评价指标之间不相互独立,求和的结果必然导致信息的重复,就难以得到符合客观实际的综合评价价值。
- 各评价指标可以线性地补偿。任一指标评价值的减少都可用其他指标评价值的增加来弥补。
- 权重系数的作用较为明显。各指标评价值在综合评价中起的作用通过权系数来表现,从而使权系数较大的指标灵敏度较高,其变化对综合评价的影响有时是举足轻重的。

2. 乘法合成方法

常用的乘法合成法的乘法评价模型为

$$y = \prod_{i=1}^n x_i \quad x_i > 0$$

一般来说,单个指标的评价值经无量纲化之后,多数是小于1的。几个这样的指标连乘之后,综合评价价值就会变得很小,直观上易产生错觉。因此,可将连乘法模型变形为乘方法(几何平均法),即

$$y = \left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}} \quad x_i > 0$$

该方法的主要特点有:

- 该方法适用于各评价指标之间有强烈关联的场合。
- 强调被评价系统各指标评价值的一致性,即被评价系统的各指标彼此间差异较小。
- 各评价指标权系数的作用不明显,因而有时不作加权处理。

3. 加乘混合法

该方法兼顾线性加权法和乘法合成法两者的优点,模型如下:

$$y = \sum_{i=1}^n x_i + \prod_{j=1}^m x_j$$

该方法可将评价指标分成几类,当类内指标之间关系较紧密而各类之间关系不怎么紧密时,可先对类内指标作乘法处理,然后再将各类的积作加法处理。即

$$y = \sum_{k=1}^m (\omega_k + \prod_{i=1}^{nk} x_i)$$

式中, m 为评价指标种类的个数。

该方法具有线性加权和法和乘法合成法两方法的特性。当被评价系统各指标的内部关系较为明确,有的相对独立,而有的强烈关联时,用该方法较为合适。

4. 层次分析法

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 是 20 世纪 70 年代中期美国著名运筹学家 T. L. Saaty 提出的一种分析方法,它是将复杂的问题分解为各个组成因素,并将这些因素按照支配关系分组构成有序的递阶层次结构,通过同一层次中两两比较的方式确定该层次中诸因素的相对重要度。AHP 体现了人们决策思维基本特性:分解、判断和综合。采用此方法可以很好地建立评估项目集,从而可以有效地对综合干扰性能进行评估。

层次分析法把一个复杂的无结构问题分解组合成若干部分或若干因素(统称为元素),如目标、准则、方案等,并按照属性的不同,把这些元素分组形成互不相交的层次,上一层次对相邻的下一层次的全部或某些元素起支配作用,这就形成了层次间自上而下的逐层支配关系,即递阶层次关系。

层次分析方法的主要步骤:

- ① 建立多级递阶,即对构成评估系统的目的、评估项目和评估准则等要素建立多级递阶结构模型;
- ② 构造两两比较判断矩阵,即同属于一级的要素以上一级的要素为判断准则进行两两比较,并根据评估尺度确定其相对重要度来建立此判断矩阵;
- ③ 由判断矩阵计算被比较元素的相对权重,即通过一定的计算来确定各要素的相对重要度;
- ④ 计算各层元素的组合权重,即通过综合重要度的计算,对各要素进行排序。

(四) 作战模拟法

该方法实质是以计算机作战模拟模型为实验手段,通过在给定数值条件下运行模型来进行作战仿真实验,由试验直接得到关于作战进程和结果的数据,或统计处理后得出效能指标的估值。该方法能较详细的考虑影响实际作战过程的诸多因素,特别适合于武器系统或作战方案作战效能指标的预测评估。该方法需解决模拟精度不易控制、实现过程复杂等问题。

(1) 不确定现象的模拟

不确定因素可以分为模糊因素和随机因素,针对模糊现象,利用模糊数学的方法和人工智能的方法来进行模拟;还可以把模糊的因素转化为确定的因素,使其清晰化。在使用这种方法处理时,如果所面对的是一个复杂的巨系统,得出的初步结果将很复杂。另外,影响作战过程的因素大多是随机的、不确定的,对随机现象的模拟,一般采用蒙特卡洛方法。

(2) 确定模拟次数

次数越多得出的结果就越精确,但次数太多就会花费不必要的计算、统计时间,这就需要合理确定模拟次数。

(3) 对策论的应用

在战争中,参战双方高度对抗,需要针对对方的可能变化,应用对策论,有针对性地采用各种对策。

(五) 试验统计法

试验统计法的特点是应用数理统计方法,依据实践、演习、试验,以及计算机仿真获得大量统计资料来评估效能。统计法应用的前提是,所获统计数据的随机特性可清楚地用模型表示并加以利用。常用统计法有抽样调查、参数估计法、假设检验法、回归分析法和相关分析法等。统计法得到的结果比较准确,但需大量试验作基础,耗费大、时间长。

5.4 军事信息系统综合集成项目管理

任何工程技术项目的实施都离不开管理,军事信息系统集成是一种占用资金较多、工程周期较长的经营行为,更是离不开优秀的管理。

5.4.1 综合集成项目管理概述

1. 项目管理的概念

项目管理是一种科学的管理方式。简而言之,项目管理就是制定计划,然后按照计划工作。在项目组织上,它强调领导者的责任,实行项目经理负责制;在管理机构上,它采用临时性的项目小组方式;在管理目标上,它坚持效益最优原则指导下的目标管理;在管理手段上,它有比较完整的技术方法。

2. 项目管理的特点

项目管理具有以下基本特点。

(1) 复杂性

项目一般由多个部分组成,需要运用多种学科知识来解决,项目执行中有很多未知因素,每个因素又常带有不确定性。同时,还要将不同经历、不同组织人员有机的组织在一个临时的集体中,在技术性能、成本、进度等较为严格的约束下实现项目目标等。这些因素决定了项目管理是一项很复杂的工作。

(2) 创造性

由于项目具有一次性的特点,因而既要承担风险又要发挥创造性。而创造总是带有探索性的,因此会有较高的失败率。有时为了加快进度和提高成功的概率,需要多个试验方案并进。

(3) 组织性

项目进行过程中出现的问题多半贯穿于各组织部门,要求这些不同部门做出迅速而且相互关联的反应。因此,需要集权领导和建立专门的项目组织,并且该组织不受其他组织的约束,由各种不同专业、来自不同部门的专业人员构成。项目管理人员要能够按照组织赋予的职责,使各组织成员成为一个工作配合默契、具有积极性和责任心的高效率群体。

3. 系统集成项目具有特殊性

系统集成作为一类项目，具有以下三个鲜明的特点。

(1) 需求变更快

在系统集成初期，使用者往往提不出确切的需求，系统项目的任务范围很大程度上取决于项目组所做的系统规划和需求分析。由于使用者对信息技术的各种性能指标不熟悉，系统项目所应达到的质量要求主要由项目组定义，本来应该提出需求的使用者转变为负责审查，使用者的需求不断地被激发，使得项目人员不得不多次变更需求，导致阶段成果不断反复修改。

(2) 进度计划可能改变

使用者需求随项目进展变化而变，导致项目进度、费用等不断改变。尽管根据最初的需求分析做好系统设计方案，然而随着系统集成的实施，部分需求的修改可能产生新的问题，这些问题有可能在相当长的时间后才被发现，导致项目进度计划不断改变。

(3) 对人力资源要求高

系统集成项目工作的技术性很强，项目成员的知识结构、责任心、能力和稳定性对系统项目的质量有决定性的影响，在项目施工阶段也需要大量的体力劳动，因而系统集成项目既是智力密集型项目，又是劳动密集型项目，对人的资源整体要求较高。

5.4.2 综合集成项目管理过程

综合集成工程是一项投资较大的计算机工程，这就要求必须有严格的工程管理规划，才能保证工程进度和工程质量。在系统建设过程中，应当建立有效的组织机构，明确职责和任务，编制详细可行的质量管理手册，科学有效地进行项目管理和质量保证活动。

综合集成工程应逐步形成一整套独特且高效的项目管理规范及实施的办法，可以参考以下几个方面。

- 集成工程实施管理的体系结构；
- 文档管理与控制；
- 方案规划设计与规范；
- 集成工程实施的准备与组织；
- 集成工程实施过程控制；
- 集成工程试验鉴定；
- 标识和可追溯性；
- 存储和发放；
- 不合格控制；
- 审核与评审；
- 经验与交接；
- 质量控制；
- 人员培训。

5.4.3 综合集成项目管理组织机构

军事信息系统综合集成涉及各军兵种、信息业务部门、相关专业系统等部门以及作战指挥、武器装备、信息网络等要素，是对现有信息系统的高度集成和创新整合。实施军事信息

系统综合集成,必须从我军建设实际出发,有重点分步骤,积极稳妥地推进和创新。

(1) 建立和完善高层组织管理体系

要在军委的统一领导下,建立统一的统管全军军事信息系统建设发展的权威职能部门,统筹我军军事信息系统综合集成的建设和发展。要组建专门委员会、综合集成项目研究机构、试验机构和测试机构,统一制定全军军事信息系统综合集成建设总体技术发展规划和技术规范,统一制定综合集成效能评估验收标准,加强对军事信息系统互联互通互操作性测试和试验,实现军事信息系统综合集成全过程的监管和评估。

(2) 培养专业人才队伍

军事信息系统综合集成涉及多系统、多领域和多技术,需要组织专门队伍,认真研究我军联合作战需求,科学提出军事信息系统综合集成的总目标,不断提高综合集成水平。人才队伍包括专家咨询队伍、需求论证队伍、技术总师队伍和科研攻关队伍。专家咨询队伍由具备通信、指挥控制、情报侦察、预警探测、电子对抗及安全保密、装备保障等专业知识的专家组成;需求论证队伍成员要既懂联合作战指挥,又懂信息技术、信息系统、信息化武器装备运用,且能围绕总体目标,采用调查研究、归纳演绎、模拟仿真等方法对需求进行论证;技术总师队伍应在专门委员会的领导下,在信息系统综合集成建设框架、需求论证结果和统筹规划设计的基础上,制定统一的规范和标准,科学分工,实现不同军兵种、不同分系统之间的互联互通互操作,最终形成一体化的军事信息系统保障体系;科研攻关队伍是军事信息系统综合集成创新发展的主体力量,成员需在某一领域或专业具有系统的知识和精湛的技能。科研攻关队伍的建立,可采取军内外院校、科研院所、企业横向联合、优势互补的方法,对军事信息系统综合集成的重难点问题集中攻关。

(3) 统筹制定与作战需求相适应的标准化体系

综合考虑系统中指挥控制、情报侦察、预警探测、通信、电子对抗等要素之间的关系,建设与作战需求相适应的标准化体系,以统筹军事信息系统综合集成建设。在制定标准化体系时,要吸收国内外的研究成果,采用先进的设计方法和技术,在建模仿真、模拟试验、演示测试基础上,建立一个统一规划、承前启后、突出重点、便于扩充和相对稳定的标准化基础。在内容上,要突出体系结构、效能评估标准和操作规程条令等,使标准化体系涵盖规划设计、需求论证、指标制定、试验鉴定、装备使用和管理等各个环节。

军事信息系统开发标准

现代标准化是以系统理论为指导，把技术和管理的科学理论和方法有机地结合在一起，形成的一门具有自己特色的新兴学科，它是人类生产实践和科学实践的产物，随着生产的发生而发生，又随着生产的发展而发展。联合作战作为现代战争的基本方式，强调军事信息系统要素的高度集成，以实现各军兵种内部、各军兵种之间以及信息系统与武器系统的一体化，从而提高作战指挥效能及各作战平台之间的协同作战能力。因此，为实现军事信息系统的互联互通互操作，最大限度发挥军事信息系统软件的效益，标准化已经成为军事信息系统一体化建设的前提和基础，同时也成为军队信息系统建设的一项重要内容。

6.1 软件工程标准化

6.1.1 标准和标准化的概念

1. 标准的概念

1981 年，国际标准化组织标准化原理常设研究委员会（ISO/STACO）通过的第 2 号指南中规定：“标准”是“适用于公众的，由有关各方合作起草并一致或基本一致同意，以科学、技术和经验的综合集成为基础的技术规范或文件，其目的在于促进共同取得最佳效益，它由国家、区域或国际公认的机构批准通过。”

1983 年，国际标准化组织发布的 ISO 第 2 号指南（第 4 版）规定：“标准”是“由有关方面根据科学技术成就与先进经验，共同起草，一致或基本同意的技术规范或其他公开文件，其目的在于促进最佳的公众利益，并由标准化团体批准。”

1983 年，我国颁布的国家标准（GB 3935.1—83）中规定：“标准”是“对重复性事物和概念的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，经有关方面协商一致，由管理机构批准，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据。”

1996 年，修订后的国家标准（GB 3935.1—1996）中规定：“标准”是“为在一定范围内获得最佳秩序，对活动或其结果规定共同和重复适用的规则、导则或特性的文件。该文件经协商一致并经一个公认机构批准。”

按 ISO 和 GB/T 20000.1—2002《标准化工作指南第1部分：标准化和相关活动的通用词汇》的定义，标准是指“为了在一定的范围内获得最佳秩序，经协商一致制定并由公认机构批准，共同使用和重复使用的一种规范性文件”。而规范性文件的实质内容就是“条款”。

军用标准是针对军事领域的产品、过程和服务规定统一技术要求的标准。具体说，就是为满足军事需要，对军事装备（含武器装备、军事后勤装备）及其配套产品、军用物资、作战指挥、军事训练及管理、军事后勤保障技术和军队工程建设中需要统一的军用技术和技术管理要求所做的统一规定。军用标准以军事科技和实践经验的综合成果为基础，经有关各方协商一致产生，由主管机关批准，以特定的形式予以颁布。军用标准应当满足国防和军队建设的需要，做到技术先进，经济合理，安全可靠，协调配套。

可见，“标准”就是一种公认的“条款”和“规矩”。制定标准的出发点是“建立最佳秩序、取得重大效益”。标准产生的基础既体现出它的科学性，又体现出它的民主协商性。制定标准的对象已经从技术领域延伸到经济领域和人类生活的其他领域，“具有多样性、相关性特征的重复事物”。标准的本质特征是统一，不同级别的标准、不同类型的标准，是在不同范围内、从不同角度或侧面进行统一。标准文件有着自己的一套格式和制定、颁布的程序。

一般而言，标准大致可分成两大类：

- 可公开获得的标准，如国际标准、国家标准、行业标准和地方标准；
- 其他标准，如企业标准。

2. 标准化的概念

1983年，ISO第2号指南（第四版）中规定：“标准化”主要是对科学、技术与经济领域内重复应用的问题给出解决办法的活动，其目的在于获得最佳秩序。一般说来，包括制定、发布与实施标准的过程。

1996年，修订后的国家标准（GB 3935.1—1996）中规定：“标准化”是“为在一定范围内获得最佳秩序，对实际的或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动。”

ISO 和 GB/T 20000.1—2002 中规定：标准化是指“为了在一定范围内获得最佳秩序，对现实问题或潜在问题制定共同使用和重复使用的条款的活动”。

上述定义虽然各有特点，但含义各有不同，基本上认定标准化是一个包括制定标准和贯彻实施标准并对标准的实施进行监督而获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程。可见，标准化包括编制、发布和实施标准的过程。标准化的主要目的是改进产品、过程和服务的适用性，促进技术合作。

6.1.2 软件工程标准化的概念

软件工程标准化的进程同软件工程化的发展水平相适应。在 20 世纪 60 年代，随着计算机技术的发展，涌现了大量的程序设计语言，即使是同一种语言，由于在不同型号装备上使用作了不同程度的修改，仍会为软件的移植造成很大障碍。为了解决程序设计语言不统一的问题，人们开始制定标准的程序设计语言，这便是软件工程标准化的开始。我国的软件工程标准化起步于 1984 年，同年，全国信息技术标准化技术委员会的前身全国计算机与信息处理标准化技术委员会成立了软件工程分技术委员会。目前制定的国家标准主要是采用国际标准和 IEEE 标准制定的。

在软件工程化的推动下，软件工程标准化的范围也从程序设计语言扩展到软件的开发、

软件的维护直至软件整个生存周期的技术和管理，软件开发标准、软件文档标准、软件质量保证标准、软件验证和确认标准、软件生存周期过程标准等应运而生。

简而言之，软件工程标准化就是通过制定、贯彻并监督实施标准，规范软件开发、运行、维护和引退全过程工作和产品，以提高软件产品质量。

6.1.3 软件工程标准分类

软件工程标准是对软件开发、运行、维护和引退的方法和过程的统一规定。根据 GB/T 15538，软件工程标准体系可分为 4 个部分：过程标准、产品标准、行业标准和记法标准。其中，过程标准和产品标准是软件工程标准的最基本也是最主要的组成部分，ISO/JTC1/SC7《软件工程》及我国军用软件工程标准通常只包括这两部分内容。

过程标准是用来规定软件工程过程中（如开发、维护等）所进行的一系列活动或操作以及所使用的方法、工具和技术标准，如 GJB 2786《武器系统软件开发》、GB/T 14079《软件维护指南》和 GB/T 15532《计算机软件单元测试》等都是软件工程过程标准。

产品标准是用于规定软件工程过程中，正式或非正式使用或产生的那些产品的特性（如完整性、可接受性）。软件开发和维护活动的文档化结果就是软件产品。这类标准有 GJB 2255《军用软件产品》、GJB 438A《武器系统软件开发文档》、GJB 9385《计算机软件需求说明编制指南》等。表 6-1“软件工程标准分类表”既可帮助标准化人员管理和规划软件工程标准，也可帮助广大科研人员选用软件工程标准。

表 6-1 软件工程标准分类表

项 目			标准类型			
			过程标准	产品标准	行业标准	记法标准
任务 功能	产 品 工 程	需求分析				
		设计				
		编码				
		集成				
		转换				
	验 证 与 确 认	排错、调试				
		产品支持				
		软件维护 评审和审计				
		产品分析				
		测试				
	技 术 管 理	过程管理				
		产品管理				
		资源管理				
软件 生 存 周 期	概念阶段					
	需求阶段					
	设计阶段					
	实现阶段					
	测试阶段					

(续表)

项 目		标准类型			
		过程标准	产品标准	行业标准	记法标准
软件生存周期	制造阶段				
	安装验收阶段				
	运行阶段				
	引退阶段				

6.1.4 软件工程标准化的作用

由于标准不统一，而造成的软件不能互通，造成极大的资源浪费情况并不鲜见。不采用统一的技术标准，对于一个大型的型号软件而言，将在综合集成和联调联试中遇到意料不到的困难，而使软件达不到预期的军事需求。通过大力开展软件工程标准化工作，可以显著提高软件的整体质量。具体而言，通过软件工程标准化工作，可以达成以下效果。

- (1) 为软件工程活动规定通用的框架和基本要求，有助于保证软件工程活动的完整性、有效性，提高软件人员之间的通信效率，减少差错和误解，提高软件的可靠性，降低全生存周期费用，提高管理的透明度、可控性和有序性。
- (2) 为软件开发单位或人员规定共同的行为准则，有助于协调和统一软硬件研制活动，降低软件产品的开发成本和运行维护成本，缩短软件开发周期。
- (3) 有助于克服多种方法并用所带来的标准不统一等困难，保证软件开发方法与硬件研制的方法相协调，缩短开发周期及部署时间，进而不断提高软件人员的技术水平。
- (4) 统一软件产品可能具有的共同或相近的属性，同时用以指导软件设计和开发，有利于提高软件的重用率、互操作性、可移植性、保障性和综合集成能力。
- (5) 规定软件开发工作成果的检验依据，有助于开展软件的评审、测试和验收等工作。

6.2 军用软件工程标准化发展概况

20 世纪 40 年代，美国研制出了世界上第一台计算机，并编制了用于研制原子弹和计算导弹弹道的军用软件。从那时至今，军用软件的发展已经走过 70 多年的历程，军用软件在武器装备中的地位作用越来越高，军用软件同时赋予了硬件更高的附加值和竞争力。军用软件一旦发生质量问题，造成的影响极为严重，甚至是灾难性的。因此，世界各主要国家和地区都把军用软件作为推进军队信息化的重要途径。

然而，军用软件本身的复杂性、抽象性和易变性，使得软件难以研制，质量难以保证，而军用软件的特殊应用又使其开发和质量保证难度增大。军用软件的特点主要体现在以下几个方面：

- (1) 军用软件一般使用在复杂、不确定和恶劣的作战环境，对抗毁和容错能力要求高。因此，军用软件应具有高可靠性、高安全性和高生存性。
- (2) 信息化作战条件下，特别强调制电磁权的争夺，对军用软件信息对抗环境下的安全防护能力有特殊要求。因此，军用软件应具有高保密性。
- (3) 信息化作战时效快，发现即摧毁，首战即决战，作战使命任务对军用软件的信息传

输处理速度、对外部事件的快速响应提出了更高的要求。因此，军用软件应具有高的实时性。

(4) 军用软件多为嵌入式，其研发和使用受到搭载平台和系统软件的约束，被硬件及软件体系结构、操作系统特性、应用需求和编程语言的变化所制约。因此，军用软件的使用受到较强的条件制约。

(5) 军用软件作为型号装备的有机组成部分，一般要按照型号装备的研制程序纳入武器装备管理全过程，这决定了军用软件开发方法要与硬件研制中采用的自下而上的方法相一致。

(6) 随着作战需求朝着复杂化方向发展，军用软件规模愈加巨大，如一架现代战斗机所包含的软件已经超过 2500 万行源代码，一艘现代化战舰或潜水艇所包含的软件有 5000 万行源代码，软件规模越大就越复杂，这不仅带来了技术问题，而且为软件的管理带来了很大的困难。

(7) 信息化作战的基本形式是一体化联合作战，软件使用人员呈现多元化，在使用过程中需要进行大量的数据交换、信息共享和应用协同，这些需求均对军用软件的互联性、互通性、互操作性提出更高要求。

正是由于军用软件的上述特点，军用软件的发展一直在曲折中前进，以致军用软件质量和生产率无法满足军事要求、预算严重超支、项目延期等事件屡见不鲜。因此，军用软件工程标准化工作的重要性，引起了军队各级部门的广泛关注。

软件工程标准主要是软件开发、运行、维护和引退的方法以及过程等方面的标准。军用软件工程标准体系主要由基础标准、软件工程环境标准、软件过程标准、软件产品标准组成。我国军用软件工程标准化工作自 20 世纪 80 年代后期起步，从建立领导机构、拟制标准、建立标准体系表等工作着手，目前已初步建立了军用软件工程标准体系。军用软件工程标准体系框架如表 6-2 所示。

表 6-2 军用软件工程标准体系框架

第一层次	第二层次	备 注
A 基础标准	AA 术语和符号	
	AB 度量及评价	
	AC 专业工程（可靠性、安全性）	
	AD 其他	
B 软件工程环境标准	BA 语言及联编	
	BB 计算机辅助软件工程/软件开发环境	
	BC 软件构件	
	BD 专用语言和编译器工具	
	BF 其他	
C 软件过程标准	CA 基本过程	主要包括获取、供应、开发、运行、维护等过程
	CB 支持过程	主要包括文档编制、配置管理、质量保证、验证、确认、联合评审、审核、问题解决等过程
	CC 组织过程	主要包括管理、基础设施建立、改进等过程
D 软件产品标准		主要包括软件工程过程中产生的文档等产品

目前，现行有效的军用软件工程方面通用标准约 26 项，如表 6-3 所示。

军用软件工程标准化能有效促进高新武器装备系统发展，有效提高武器装备特别是军用软件的质量和效能，有效增强我军的战斗力和保障力，有利于建立科学化、规范化的军事装

备管理制度。军用软件工程标准化在取得显著成绩的同时,仍存在一些问题和不足,主要体现在以下几个方面:

(1) 军用软件标准参照的标准体系不一致。由于制定的年代不同,现有军用软件标准参照的标准体系不同,有的以国际标准为参考,有的以美国军用标准为参考,有的以自身的实践经验制定,相互之间存在着体系、术语和做法等方面的不协调之处,尚需对这些标准进行整体修订,以形成一个统一的体系。

(2) 一些标准可操作性不够好。有些标准内容不便于贯彻和实施,在操作过程中存在困难,需要有针对性地制定标准操作指南之类的规范,以促进军用软件标准的有效贯彻和实施。

(3) 标准内容宣传贯彻不到位。标准信息宣传渠道不畅,有些基层单位不能及时了解最新的标准信息,以致在实际工作中存在无章可循、无据可依的情况;有些基层单位虽然拥有一些标准,但由于缺乏必要的宣贯和培训,在标准的实施过程中存在不知道如何执行或者执行不到位的情况。

表 6-3 软件工程军用国家标准

序号	体系中的位置	标准号	年份	标准名称
1	D	GJB 438A	1997	武器系统软件开发文档
2	CB	GJB 439	1998	军用软件质量保证规范
3	CA	GJB 1091	1991	军用软件需求分析
4	CA	GJB 1267	1991	军用软件维护
5	CA	GJB 1268A	1991	军用软件验收
6	BA	GJB 1383A	1998	程序设计语言 Ada
7	D	GJB 1419	1992	军用计算机软件摘要
8	D	GJB 1566	1992	军用软件文档编制格式和要求
9	BA	GJB 1683	1993	军用 JOVIAL 语言
10	BA	GJB 1922	1994	信息处理系统计算机图形核心系统 (GKS) 与 Ada 语言联编
11	D	GJB 2041	1994	军用软件接口设计要求
12	CC	GJB 2115	1994	军用软件项目管理规程
13	D	GJB 2255	1994	军用软件产品
14	AB	GJB 2434A	2004	军用软件产品评价
15	BB	GJB 2694	1996	军用软件支持环境
16	C	GJB 2786	1996	武器系统软件开发
17	BA	GJB 3181	1998	军用软件支持环境选用要求
18	BD	GJB 4456	2002	军用巨型计算机并行语言及编译系统设计要求
19	CC	GJB 5000	2003	军用软件能力成熟度模型
20	CB	GJB 5234	2004	军用软件验证和确认 (代替 GJB/Z 117《军用软件验证和确认计划指南》)
21	CB	GJB 5235	2004	军用软件配置管理
22	AB	GJB 5236	2004	军用软件质量度量
23	AC	GJB/Z 102	1997	软件可靠性和安全性设计准则
24	C	GJB/Z 115	1998	GJB 2786《武器系统软件开发》剪裁指南
25	CA	GJB/Z 141	2004	军用软件测试指南
26	AC	GJB/Z 142	2004	军用软件安全性分析指南

当前,我军信息化建设不断深入发展,对军用软件工程标准化提出了更高要求。随着各级领导和有关机构对军用软件标准化重视程度的不断提高,各项体制机制不断完善,军用软件工程标准体系建设必将取得长足发展,军用软件标准化将发挥越来越重要的作用。

6.3 军用软件工程标准化的实施

在军事信息系统软件开发过程中,应严格遵循《军用软件质量管理规定》和有关的软件工程标准,结合研制节点和体系审核对各阶段工作产品与活动进行审核,从中发现问题与不符合项,并严格按照有关程序予以归零,以保证软件研制质量。

目前与军用软件开发有关的标准主要有:

- GJB 2786A《军用软件开发通用要求》、
- GJB 5000《军用软件能力成熟度模型》、
- GJB 438B《军用软件开发文档通用要求》、
- GJB 1268A《军用软件验收要求》、
- GJB 2434A《军用软件产品评价》、
- GJB 4279《指挥自动化系统应用软件通用要求》、
- GJB 5234《军用软件验证和确认》、
- GJB 5235《军用软件配置管理》、
- GJB 5236《军用软件质量度量》、
- GJB/Z 141《军用软件测试指南》、
- GJB/Z 142《军用软件安全性分析指南》、
- GJB 5716《军用软件开发库、受控库和产品库通用要求》、
- GJB 6389《军用软件评审》以及 GJB9001A《质量管理体系要求》等。

今后,应结合信息化作战需求的变化和军事信息系统的发展,进一步规范系统各层次的数据结构与代码、接口要求、信息交换格式以及集成要求,并积极开展软件构件模型、构件描述、构件管理标准的制定,为系统集成提供技术基础。需要指出的是,软件构件是指软件系统中可以明确辨识的构成成分,它具有一定的独立性,与具体的应用环境无关。在制定标准时,对软件构件功能与接口的描述应规范、具体、明确,确保其与环境可进行稳定的交互。

为了加强军用软件工程标准化的组织实施,应在健全完善管理机制,提高军用标准化意识,加强军用软件工程标准化体系建设等方面持续用力。

首先,要不断完善管理机制,强化军用标准化意识。

(1) 加强军用软件工程标准化体系建设的组织领导。适应国家信息化发展和军队信息化作战需要,建立健全军用软件工程标准化管理机构,加强军用软件工程标准化工作的组织领导,统一协调相关工作,加强与国家信息标准化组织的学术交流活动,逐步形成由标准化管理机构、研究机构和技术组织 3 部分组成的运行格局。

(2) 抓好军用软件工程标准化技术信息的宣传教育。要注重发挥网络宣传平台作用,努力提高科研和管理人员的标准化意识,使他们熟悉有关标准,掌握开展标准化工作的方法,增强做好标准化工作的使命感、责任感和紧迫感。

(3) 搞好军用软件工程标准化工作制度的贯彻落实。在军用软件科研、生产、验收、鉴定、定型等各个环节,都落实有关标准化制度和规定,全过程加强标准的贯彻执行,使军用软件工程标准化工作走向健康发展的轨道。

(4) 健全军用软件工程标准化人才培养制度的培养制度。通过入职培训、在职培训、专项培训等多种途径进行人才培养,加强标准化人才队伍建设。可建立标准化人员培训基地或专职机构,院校也可开设标准化体系建设课程。加强标准化从业者之间的沟通和协作,建立标准化专家库,发挥标准化专家在标准审查、装备设计、定型评审等方面的作用。

其次,要注重顶层设计,加强军用软件工程标准化体系建设。

(1) 搞好顶层工程设计。军用软件工程标准化建设是一项技术含量高、投资规模大、建设周期长、涉及面广、综合性强的系统工程,应从国家整体战略利益和军队整体利益出发,按照军民深度融合的要求,搞好顶层设计,实施宏观调控,在建设中贯彻相互配套、相互通用、相互“搭载”的原则,防止和克服内部之间、军地之间各自为战、多头建设的现象。

(2) 完善军用软件工程信息化标准体系。建立统一的技术体制和标准体系,完善建立信息(数据)采集、处理、传输和信息系统安全等方面的标准,制定统一的通用协议,与民用系统信息化标准的有关规定相兼顾,建立有利于实现军用软件互联互通互操作的信息化标准体系。

(3) 完善军用软件工程标准的研制、更新和维护机制。军用软件标准的研制要具有一定的前瞻性和超前性,要始终以任务需求为牵引,坚持标准先行,逐步向系统化、综合化、集成化的方向发展。要对已有的军用标准进行适时更新和维护,以保证军用软件工程标准技术的先进性。

再次,推进军民深度融合,不断提高标准建设水平。从世界主要发达国家的建设经验看,军民共同推进军用软件工程标准化工作取得较好效果。如美军按照民用设计和制造惯例来设计制造军用软件,提高了军用软件标准化水平。军方与工业界组建联合工作组,将军事需求直接反映到民用标准中,开创了军中有民、民中有军的标准建设局面。我国已经将军民融合上升到国家战略的高度,在很多重要领域特别是武器装备建设领域中破除体制壁垒,使“民参军”和“军转民”走开了一条新的军民融合之路。在军用软件工程标准建设中,国家应积极贯彻军民深度融合发展战略,开放渠道,让工业部门参与军用标准的制定与审查等工作,从机制上保证军民共建标准的开展,推动军用标准与民用标准的兼容,使民用标准资源能够更好地服务于军用标准建设,真正促进民品军用、民技军用和民标军用。

参 考 文 献

- [1] 左美云、邝孔武. 信息系统的开发与管理教程. 北京: 清华大学出版社, 2006
- [2] 李晓. 信息系统分析与设计. 北京: 中国水利水电出版社, 2010
- [3] 姜旭平. 信息系统开发方法——方法、策略、技术、工具与发展. 北京: 清华大学出版社, 1997
- [4] 范玉顺、曹军威. 复杂系统的面向对象建模、分析与设计. 北京: 清华大学出版社, 2000
- [5] 王勇领. 系统分析与设计. 北京: 清华大学出版社, 1991
- [6] 陈佳. 信息系统开发方法教程. 北京: 清华大学出版社, 1999
- [7] 傅铅生. 信息系统分析与设计. 北京: 国防工业出版社, 2007
- [8] 向阳. 信息系统分析与设计. 北京: 机械工业出版社, 2007
- [9] 童志鹏、刘兴. 综合电子信息系统——信息化战争的中流砥柱(第二版). 北京: 国防工业出版社, 2008
- [10] 李恒劭、秦立富. 战场信息系统. 北京: 国防工业出版社, 2003
- [11] 封锦昌. 现代电子信息系统与技术. 北京: 电子工业出版社, 2004
- [12] 苏海锦、张传富. 军事信息系统. 北京: 电子工业出版社, 2010
- [13] 张维明等. 军事信息系统需求工程. 北京: 国防工业出版社, 2011
- [14] 赵桂夫, 程新. 军事信息系统概论. 北京: 军事科学出版社, 2007
- [15] 黄坤大等. 指挥自动化系统. 北京: 军事谊文出版社, 1994
- [16] 中央军委. 中国人民解放军司令部工作条例. 北京: 军事科学出版社, 2006
- [17] 钱学森. 论系统工程. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1982
- [18] 陈庆华等. 系统工程方法论. 长沙: 国防科学技术大学出版社, 1992
- [19] 李明等. 武器装备发展系统论证方法与应用. 北京: 国防工业出版社, 2000
- [20] 罗雪山、罗爱民、张耀鸿等. 军事信息系统体系结构技术. 北京: 国防工业出版社, 2010
- [21] 罗雪山等. C3I 系统建模方法与技术. 长沙: 国防科学技术大学出版社, 2000
- [22] 原瑞政. 基于场景的 C4ISR 体系结构分析与评价[D], 长沙: 国防科学技术大学研究生院, 2004
- [23] 刘俊先、罗雪山、罗爱民、陈洪辉. C⁴ISR 体系结构验证评估. 指挥与控制学报. 第 2 卷第 2 期. 2016 年 6 月
- [24] 翟松、朱帮兴. 军事信息系统与装备. 北京: 解放军出版社, 2007
- [25] 总装备部电子信息基础部标准化研究中心. 军用软件工程系列标准实施指南. 北京: 航空工业出版社, 2005
- [26] 陈禹六. IDEF 建模分析和设计方法. 北京: 清华大学出版社, 1999
- [27] 邓良松, 刘海岩, 陆丽娜. 软件工程. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004
- [28] Rechtin E. Systems Architecting : Creating and Building Complex Systems[M]. Prentice Hall, 1991
- [29] Ian K. Bray. 需求工程导引. 舒忠梅、罗文村、李卫华、王志刚、王淑礼译. 北京: 人民邮电出版社, 2003
- [30] Karl E. Wiegers. 软件需求. 刘伟琴、刘洪涛译. 北京: 清华大学出版社, 2004
- [31] 孔宪伦. 军用标准化. 北京: 国防工业出版社, 2003
- [32] 尚燕丽. 军用标准化及其发展展望. 中国标准化. 2004. 10
- [33] 黄斌. 武器装备军用标准化体系建设探讨. 标准科学. 2011 年第 6 期

- [34] 刘继贤. 军事系统与综合集成方法的应用. 军事运筹与系统工程, 2007 年 12 月
- [35] 邓立杰, 杨清杰. 军事信息系统综合集成研究. 北京: 海潮出版社, 2011
- [36] 周俊. 军事信息系统集成理论与方法. 北京: 解放军出版社, 2008
- [37] Jacques Ferber. Multi-Agent System—An Introduction to Distributed Artificial Intelligence, Addison Wesley Longman, 1999
- [38] 李楠. 软件需求验证方法研究现状分析. 通信导航与指挥自动化. 2014 年第 1 期.
- [39] 赵东凯, 熊飞. 浅析军事信息系统需求工程技术. 通信导航与指挥自动化. 2013 年第 1 期.
- [40] 刘进, 凌孝明, 林健. 军事信息系统需求验证方法及基本验证流程. 中国通信学会国防通信技术委员会第六届学术年会论文集.
- [41] 高阜乡, 王建新, 王春江. 军事信息系统需求工程实用方法探讨. 中国电子学会电子系统工程分会第七届学术年会论文集
- [42] 王增, 刘进. 军事信息系统的需求验证与管理研究. 2010 军事电子信息学术会议论文集
- [43] 赵弘, 蒋晓原. 军事电子信息系统需求工程方法研究. 军事运筹与系统工程. 第 20 卷第 4 期. 2016 年 12 月
- [44] 段采宇, 张维明, 余滨、石建迈. 军事需求工程研究综述. 系统工程与电子技术. 第 29 卷第 12 期. 2007 年 12 月
- [45] 国防科学技术大学信息系统与管理学院. 体系结构研究. 北京: 军事科学出版社, 2011
- [46] 徐根初. 信息化作战理论学习指南. 北京: 军事科学出版社, 2005
- [47] 总装备部电子信息基础部. 信息系统——构建体系作战能力的基石. 北京: 国防工业出版社, 2011

